

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Analýza poklesové kotliny nad podzemními díly v závislosti
na vybraných determinujících faktorech

Analysis of the Subsidence Above the Underground
Works Depending on Selected Determining Factors

Student:

Karolína Masopustová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.

Ostrava 2021

Zadání bakalářské práce

Student: **Karolína Masopustová**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R017 Geotechnika

Téma: **Analýza poklesové kotliny nad podzemními díly v závislosti
na vybraných determinujících faktorech**
**Analysis of the Subsidence Above the Underground Works Depending
on Selected Determining Factors**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod, základní charakteristiky a determinující faktory poklesové kotliny
2. Základní analytické metody ke stanovení poklesových kotlin a jejich principy
3. Stanovení poklesové kotliny nad podzemním dílem v závislosti na vybraných determinujících faktorech
4. Závěrečná analýza a zhodnocení výsledků

Seznam doporučené odborné literatury:

1. *Manuál programového systému GEO5*. Fine. dostupné z:
<https://www.finesoftware.eu/help/geo5/cs/vypocet-poklesove-kotliny-01/>.
2. Aldorf, J., Bradáč, J., Vojtasík, K. a kol. *Podzemní stavby a zakládání staveb – vybrané kapitoly*. Ostrava: ES VŠB, 1992, s. 68-88. ISBN 80-7078-163-7.
3. Aldorf, J., Hrubešová, E., Vojtasík, K., Ďuriš L. Verifikace zdokonalené predikce účinků mělkého tunelování na povrch. Část 1. *Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava*. č. 1, 2009, roč. IX, řada stavební, s. 51. ISBN 978-80-248-2105-4, ISSN 1213-1962.
4. Rozsypal, A. *Kontrolní sledování v geotechnice*. Jaga 2001.
5. Széchy, Károly. *The art of tunnelling*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1966.
6. Peck R B. Deep excavations and tunneling in soft ground. *Proceedings of 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Mexico City: State of the Art Report, 1969: 225-290.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.“

V Ostravě, dne

Karolína Masopustová

Prohlašuji:

- Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá popisem poklesové kotliny nad podzemním dílem a její analýzou. Ke stanovení poklesové kotliny byly využity analytické metody, které jsou v této práci popsány. Analýza poklesové kotliny je provedena v programu GEO5 – modul VÝRUB společnosti Fine software. Na základě sledování popisných charakteristik poklesové kotliny a zemin, ve kterých je dílo budováno, jsou zde prezentovány dosažené výsledky velikosti maximálních poklesů a sklonů, které vznikají ve sledovaných zeminách při změnách poměru hloubky uložení díla a rozměru díla. Tyto výsledky jsou následně vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

Klíčová slova: poklesová kotlina, hloubka uložení podzemního díla, rozměr podzemního díla, pokles povrchu nad podzemním dílem, sklon v inflexním bodě

Annotation

This bachelor's thesis deals with the description of the subsidence above the underground work and its analysis. The analytical methods described in this work are used to determine the subsidence. The analysis of the subsidence is performed in the program GEO5 – the Settlement module of the Fine software company. Based on the observation of the descriptive characteristics of the subsidence and the soils in which the work is built, the achieved results of the maximum settlement and slopes in the inflection points, that occur in the monitored soils, considering various ratio of working depth and working dimension, are shown here. These results are then compared and evaluated.

Key words: subsidence, depth of location of the underground work, dimension of the underground work, settlements of surface above the working, slopes in the inflection point

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Základní charakteristiky poklesové kotliny	2
3. Vybrané determinující faktory poklesové kotliny.....	4
3.1. Horninové prostředí.....	4
3.2. Metoda ražení a vyztužování.....	4
3.3. Rozměry podzemního díla a hloubka jeho uložení pod povrchem	5
3.4. Tlakové poměry.....	5
4. Základní analytické metody a jejich principy	6
4.1. Metoda Joffrey–Limanov	6
4.2. Metoda dle Szechyho.....	7
4.3. Metoda nomogramu dle Pecka	9
5. Stanovení poklesové kotliny v závislosti na vybraných faktorech	11
5.1. Ztráta objemu zeminy	11
5.1.1. Ztráta objemu zeminy – výpočet maximálního poklesu a sklonu dle Gausse	12
5.1.2. Ztráta objemu zeminy – výpočet maximálního poklesu a sklonu dle Avershina.....	17
5.2. Klasická teorie	23
5.2.1. Klasická teorie – Limanov–Gauss: výpočet maximálního poklesu a sklonu.....	24
5.2.2. Klasická teorie – Limanov–Avershin: výpočet maximálního poklesu a sklonu.....	33
6. Závěr.....	42
6.1. Teorie ztráty objemu.....	42
6.2. Klasická teorie	44
6.3. Ztráta objemu vs. klasická teorie.....	46
6.4. Závěrečné shrnutí	46
Seznam literatury.....	48
Přílohy	1

Seznam zkratek a proměnných

r	poloměr výrubu (m)
s_{max}	maximální hodnota poklesu terénu (m)
v_p	vodorovný posun (m)
s	svislý pokles (m)
R_c	poloměr zakřivení (m)
i_r	naklonění (rad)
ε	vodorovné přetvoření (-)
h_s	hloubka uložení ložiska pod terénem (m)
μ	mezní úhel vlivu dobývání (°)
t_s	účinná mocnost ložiska (m)
a	součinitel dobývání (-)
e	účinkový součinitel (-)
φ	úhel vnitřního tření (°)
c	soudržnost (kPa)
HPV	hladina podzemní vody
NRTM	Nová rakouská tunelovací metoda
H	hloubka uložení podzemního díla (m)
D	šířka podzemního díla (m)
E	modul pružnosti horniny (MPa)
ν	Poissonovo číslo prostředí (-)
p	zatížení kruhového výrubu (kPa)
u, v	vektorové složky posunutí bodu (m)
h_i	mocnost i-té vrstvy (m)
γ_i	objemová tíha i-té vrstvy (kN·m ⁻³)
F	velikost objemu nadvýlomu (m ³)
V_1	objem poklesové kotliny nad čelem štítu (m ³)
V_2	objem závalu do díla (m ³)
V_0	objem nadvýlomu (m ³)
bm	metr běžný (m)
i	vzdálenost inflexního bodu (m)
I	inflexní bod
M	bod maximální křivosti
H/r	poměr hloubky uložení díla a jeho poloměru (-)
s_i	sednutí v bodě o souřadnici x_i (m)
L_{inf}	vzdálenost inflexního bodu od středu výrubu (m)
k	koeficient pro výpočet inflexního bodu – ztráta zeminy (-)
VL	procentuální ztráta objemu (%)
V_s	objem poklesové kotliny (m ³)
Z	hloubka středu výrubu (m)
A	plocha výrubu (m ²)
σ_z	geostatické napětí ve středu výrubu (kPa)
K_r	součinitel tlaku v klidu soudržné zeminy
L	dosah poklesové kotliny (m)
k_{inf}	koeficient výpočtu inflexního bodu – klasická teorie (-)
β	součinitel pružného přetvoření (-)
E_{oed}	edometrický modul (MPa)
E_{def}	modul přetvárnosti (MPa)
h_{max}	maximální vodorovná deformace (m)
x_1	počátek poklesové kotliny (m)
x_2	konec poklesové kotliny (m)

u_a	posun líce výrubu ve stropu (mm)
u_b	posun líce výrubu u dna (mm)
x_i	vodorovná vzdálenost od osy symetrie (m)
R	přodorysný prostor těžené sloje (m)
R_k	korelační koeficient

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma poklesové kotliny (Solař, 2008)	2
Obrázek 2: Schémata metody Joffrey–Limanov (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993).....	6
Obrázek 3: Schémata metody dle Szechyho (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993).....	8
Obrázek 4: Objem poklesové kotliny (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993)	9
Obrázek 5: Graf pro předpověď výšky poklesové kotliny v závislosti na geometrii ražené podzemní stavby a geologickém prostředí (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993).....	10
Obrázek 6: Poklesová kotlina vyjádřená pomocí teorie ztráty objemu (Manuál programového systému GEO5, nedatováno).....	12
Obrázek 7: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro nesoudržné zeminy	13
Obrázek 8: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro normálně konsolidované jíly (Gauss).....	14
Obrázek 9: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro překonsolidované jíly (Gauss).....	14
Obrázek 10: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovité břidlice (Gauss).....	15
Obrázek 11: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro křemence (Gauss).....	16
Obrázek 12: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Gausse	16
Obrázek 13: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Gausse	17
Obrázek 14: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro nesoudržné zeminy (Averšín).....	18
Obrázek 15: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro normálně konsolidované jíly (Averšín).....	18
Obrázek 16: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro překonsolidované jíly (Averšín).....	19
Obrázek 17: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovité břidlice (Averšín).....	20
Obrázek 18: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro křemence (Averšín)	20
Obrázek 19: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Averšína	21
Obrázek 20: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Averšína	21
Obrázek 21: Výsledný profil poklesové kotliny (software GEO5).....	22
Obrázek 22: Výsledné průběhy vzniku poklesové kotliny (software GEO5).....	22
Obrázek 23: Výsledky poklesové kotliny ze softwaru GEO5.....	22
Obrázek 24: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitou hlínu (Gauss)	24
Obrázek 25: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitý jíl (Gauss)	25

Obrázek 26: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčitou hlínu (Gauss).....	25
Obrázek 27: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčité jíly (Gauss)	26
Obrázek 28: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro hlínu s vysokou plasticitou (Gauss)	27
Obrázek 29: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jíly s vysokou plasticitou (Gauss).....	27
Obrázek 30: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný štěrky (Gauss).....	28
Obrázek 31: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý štěrky (Gauss)	29
Obrázek 32: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný písek (Gauss)	29
Obrázek 33: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý písek (Gauss)	30
Obrázek 34: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Gausse	31
Obrázek 35: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Gausse	31
Obrázek 36: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r zkoumané soudržné zeminy dle Gausse	32
Obrázek 37: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Gausse	32
Obrázek 38: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitou hlínu (Averšín)	33
Obrázek 39: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovité jíly (Averšín)	34
Obrázek 40: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčitou hlínu (Averšín).....	34
Obrázek 41: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčité jíly (Averšín).....	35
Obrázek 42: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro hlínu s vysokou plasticitou (Averšín).....	36
Obrázek 43: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jíly s vysokou plasticitou (Averšín).....	36
Obrázek 44: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný štěrky (Averšín).....	37
Obrázek 45: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý štěrky (Averšín)	38
Obrázek 46: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný písek (Averšín)	38
Obrázek 47: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý písek (Averšín).....	39
Obrázek 48: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Averšína	40

Obrázek 49: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Avešina	40
Obrázek 50: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Aversina	41
Obrázek 51: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Aversina.....	41
Obrázek 52: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu u nesoudržných zemin	42
Obrázek 53: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu u křemenců	42
Obrázek 54: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu štěrkovité hlíny	44
Obrázek 55: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu jílu s vysokou plasticitou	44
Obrázek 56: Srovnání poklesů kotliny dle daných teorií	46

Seznam tabulek

Tabulka 1: Doporučené hodnoty „ k “ v závislosti na zemině (Manuál programového systému GEO5, nedatováno).....	12
Tabulka 2: Nesoudržné zeminy – vstupní hodnoty	13
Tabulka 3: Normálně konsolidované jíly – vstupní hodnoty	13
Tabulka 4: Překonsolidované jíly – vstupní hodnoty	14
Tabulka 5: Jílovité břidlice – vstupní hodnoty	15
Tabulka 6: Křemence – vstupní hodnoty	15
Tabulka 7: Nesoudržné zeminy – vstupní hodnoty	17
Tabulka 8: Normálně konsolidované jíly – vstupní hodnoty	18
Tabulka 9: Překonsolidované jíly – vstupní hodnoty	19
Tabulka 10: Jílovité břidlice – vstupní hodnoty	19
Tabulka 11: Křemence – vstupní hodnoty	20
Tabulka 12: Zeminy použité pro výpočet a jejich charakteristiky (Manuál programového systému GEO5, nedatováno).....	23
Tabulka 13: Hlína štěrkovitá – vstupní hodnoty	24
Tabulka 14: Jíl štěrkovitý – vstupní hodnoty	24
Tabulka 15: Hlína písčitá – vstupní hodnoty	25
Tabulka 16: Jíl písčitý – hodnoty výpočtu	26
Tabulka 17: Hlína s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty	26
Tabulka 18: Jíl s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty	27
Tabulka 19: Štěrk dobře zrněný – vstupní hodnoty	28
Tabulka 20: Štěrk jílovitý – vstupní hodnoty	28
Tabulka 21: Písek dobře zrněný – vstupní hodnoty	29
Tabulka 22: Písek jílovitý – vstupní hodnoty	30
Tabulka 23: Hlína štěrkovitá – vstupní hodnoty	33
Tabulka 24: Jíl štěrkovitý – vstupní hodnoty	33
Tabulka 25: Hlína písčitá – vstupní hodnoty	34
Tabulka 26: Jíl písčitý – vstupní hodnoty	35
Tabulka 27: Hlína s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty	35
Tabulka 28: Jíl s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty	36

Tabulka 29: Štěrk dobře zrněný – vstupní hodnoty	37
Tabulka 30: Štěrk jílovitý – hodnoty výpočtu.....	37
Tabulka 31: Písek dobře zrněný – vstupní hodnoty	38
Tabulka 32: Písek jílovitý – vstupní hodnoty.....	39
Tabulka 33: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Gausse.....	43
Tabulka 34: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Averšina	43
Tabulka 35: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Gausse.....	45
Tabulka 36: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Averšina	45

Seznam příloh

Příloha č. 1: Výsledky výpočtu teorie ztráty objemu dle Gaussovy křivky.....	1
Příloha č. 2: Výsledky výpočtu teorie ztráty objemu dle Averšinovy křivky.....	5
Příloha č. 3: Výsledky výpočtu klasické teorie dle Gaussovy křivky.....	9
Příloha č. 4: Výsledky výpočtu klasické teorie dle Averšinovy křivky.....	15

1. Úvod

Cílem této bakalářské práce, je analýza poklesové kotliny nad podzemním dílem dle vybraných determinujících faktorů. Obecně je poklesová kotlina ovlivněna faktory, jako jsou: „*skladba a vlastnosti horninového nadloží podzemního díla, metoda ražení a vyztužování podzemního díla, druh a konstrukce výztuže, rozměry podzemního díla, hloubka uložení podzemního díla pod povrchem, tlakové poměry v horninovém masivu*“ (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993). Před samotnou analýzou dané kotliny a jejím vyhodnocením je třeba popsat základní charakteristiku, parametry poklesové kotliny, základní analytické metody pro stanovení těchto parametrů a jejich princip.

Poklesová kotlina je definována jako „*část zemského povrchu mísovitého nebo nálevkovitého tvaru, která vznikla poklesem nadložních vrstev do vyrubaného prostoru*“ (ČSN 73 0039. *Navrhování objektů na poddolovaném území*, 2014) .

Vznik kotliny může být způsoben buď přírodními procesy, které probíhají kontinuálně a nejsou způsobené antropogenními vlivy, nebo může být způsoben člověkem. Taková kotlina vzniká v důsledku důlní těžby nebo při výstavbě užitných podzemních děl, jako jsou například tunely, podzemní parkoviště či podzemní sklady a skládky, dílny, velíny, remízy, čerpací stanice a čerpací překopy, sociální a bezpečnostní objekty, haly, čistírny, zásobníky a sportovní objekty. Vznik poklesové kotliny, který byl způsoben vlivem přírodních jevů, nelze jednoznačně předpokládat ani ovlivnit. To, jak se bude zemský povrch formovat a chovat bez zásahů člověka, můžeme do jisté míry odhadnout pomocí geologických průzkumů. Na základě těchto průzkumů, lze odhadnout, zda by mohla ve sledované lokalitě vzniknout poklesová kotlina vlivem přírodních jevů, či ne. U poklesových kotlin, které vznikají nad podzemními díly jsme schopni do jisté míry ovlivnit, jak jejich vznik, tak jejich tvar, popř. velikost, a to zejména vhodnou volbou technologie ražení a vyztužování.

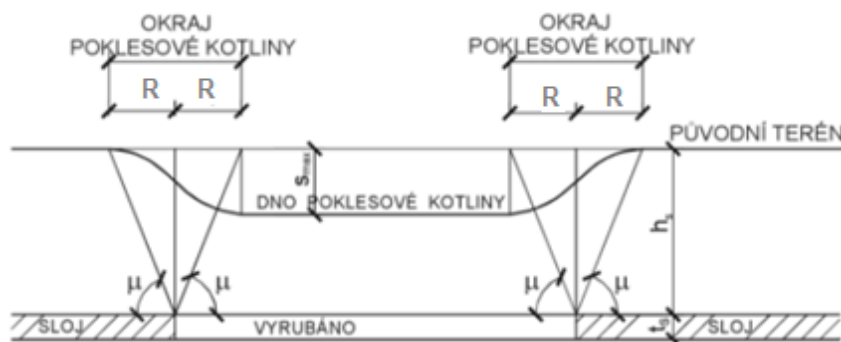
Tato práce se bude zabývat poklesovými kotlinami v homogenním prostředí, které vznikly v důsledku výstavby mělce uloženého podzemního díla, nikoliv poklesovými kotlinami, které vznikly samovolně, v důsledku působení přírodních procesů.

2. Základní charakteristiky poklesové kotliny

Poklesovou kotlinu označujeme jako spojitě přetvoření horninového masivu v důsledku odtěžení části masivu v podloží. Typicky tedy může vznikat v důsledku hornické těžební činnosti (poddolování) nebo v důsledku výstavby podzemního díla (kolektoru, tunelu) v podloží. Toto přetvoření je definováno těmito parametry:

- vodorovný posun – v_p (m),
- svislý posun (pokles) – s (m),
- poloměr zakřivení – R_c (km),
- naklonění – i_r (rad),
- vodorovné poměrné přetvoření – ε (-).

Samotnou kotlinu spojenou s hornickou těžební činností lze popsat dle zdroje (Solař, 2008). Poklesová kotlina je v tomto případě popsána parametry R a s_{max} (obr. 1). Parametr s_{max} pak určuje hloubku dna kotliny, tedy maximální pokles daného povrchu terénu. Od této hloubky již další poklesy neprobíhají. „Překročí-li půdorysný prostor těžené sloje velikost $2R$, dosahuje pokles terénu maximální hodnoty s_{max} . Začíná vznikat vnitřní (uklidněná) část – dno poklesové kotliny“ (Solař, 2008).



Obrázek 1: Schéma poklesové kotliny (Solař, 2008)

Výpočet parametru R (dle obr. 1)

$$R = h_s \cdot \cot g \mu \quad [m] \quad (1)$$

h_s ...hloubka uložení ložiska pod terénem (m)

μ ...mezní úhel vlivu dobývání (spojnice okraje porubu a okraje poklesové kotliny) ($^\circ$)

Výpočet parametru s_{max} (dle obr. 1)

$$s_{max} = t_s \cdot a \cdot e \quad [m] \quad (2)$$

t_s ...účinná mocnost ložiska (m)

a ...součinitel dobývání, dle vyhlášky ČBÚ nabývá hodnot (-)

- $a = 0,85 - 0,95$...při stěnování na zával
- $a = 0,65 - 0,75$...při použití částečné základky
- $a = 0,55 - 0,65$...při použití foukané základky
- $a = 0,25 - 0,35$...při použití plavené základky

e ...účinkový součinitel, závisí na geologické stavbě nadloží, na vzdálenosti porubní fronty od porubaného bodu a na hloubce uložení ložiska pod terénem h_s (-)

„Při větší hloubce uložení ložiska pod terénem h_s (m) je okraj poklesové kotliny o délce $2R$ delší, a tím i plošší. To je z hlediska účinků poddolování na objekty situované na povrchu příznivé, neboť jsou mírnější“ (Solař, 2008).

Uvedená metoda stanovení poklesové kotliny s využitím mezního úhlu vlivu používaná v hornictví se v případě poklesové kotliny nad tunelovou stavbou obvykle nepoužívá, ale výpočty jsou prováděny dále uvedenými metodami „ztráta objemu“ nebo dalšími inženýrsko-empirickými metodami. Těmto metodám zaměřeným na poklesovou kotlinu nad tunelem bude věnována další část práce.

3. Vybrané determinující faktory poklesové kotliny

3.1. Horninové prostředí

Každé podzemní dílo je realizováno v horninovém prostředí. Vlastnosti tohoto prostředí jsou dány řadou mechanických charakteristik pevnostních (úhel vnitřního tření φ či soudržnost c), deformačních (modul pružnosti) a dalších. Proto je potřeba prostředí klasifikovat, tedy určit jeho typ a druh. Například zda se jedná o horninu, nebo zeminu. V případě zeminy určit, zda je soudržná, či nesoudržná a provést detailnější klasifikaci. Musíme určit stupeň konsolidace u soudržných zemin a také stupeň zvětrání či stupeň porušení diskontinuitami u horninového masivu. Důležité je taky popsání lokalizace daného prostředí a jeho rozsah, např. v úrovni 2–4 m pod povrchem se nachází hlína s nízkou plasticitou (F5), se středně ulehlou konzistencí.

Poklesové kotliny vznikají ve všech typech zemin. Ovšem maximální pokles, není ve všech zeminách stejný. Závislost poklesu na druhu zeminy, je součástí kapitoly stanovení poklesové kotliny v této práci. Touto analýzou lze posoudit, jak moc je horninové prostředí náchylné ke vzniku poklesové kotliny. Prostředí, které je nejvíce náchylné na vznik poklesové kotliny, je takové prostředí, kde dochází k náhlému střídání hornin či zemin, které mají jiné pevnostní parametry. Toto má za následek proměnlivé a nerovnoměrné klesání povrchu, což obzvláště v zastavěných oblastech může vyvolat nerovnoměrné poklesy stávající zástavby, tedy například velký nerovnoměrný pokles části domu, který je nad podzemním dílem. V extrémních případech může dojít k nevratnému poškození této konstrukce, či dokonce k jejímu zřícení. Dále jsou také nebezpečné poklesy, které vznikají v zeminách nesoudržných, a to proto, že zde hodnota soudržnosti nabývá nulových hodnot ($c = 0$). V této zemině od momentu, kdy začne realizace díla, až po jeho dokončení dochází k samovolným pohybům – změnám objemů – a to v okolí čelby, na bocích díla, v nadloží a podloží díla. Nebezpečí se ještě znásobí, pokud je daná nesoudržná zemina zvodnělá nebo se realizace podzemního díla provádí pod hladinou podzemní vody. Dochází zde k ještě většímu zhoršení mechanických vlastností dané zeminy. Tato nesoudržná zemina má nízkou pevnost, která je způsobena nulovou soudržností a velmi nízkým úhlem vnitřního tření, a zároveň zde působí pórové tlaky, které zrna v zemině „nadlehčují“ a tím ještě více snižují tuto pevnost.

Vedlejším účinkem realizace podzemního díla je snížení HPV, ke kterému dochází téměř ve všech případech. Toto snížení je způsobeno vlivem drenážních efektů, které jsou doprovodným jevem výstavby podzemního díla. Snížení HPV má vliv na silové podmínky uvnitř horninového prostředí, které přímo ovlivňují vznik poklesové kotliny a její rozměry.

3.2. Metoda ražení a vyztužování

Pro každé horninové prostředí je nutné zvolit vhodnou metodu ražení. Například pro ražbu ve zdravém horninovém masivu není nutné využít tunelovací štít. Tyto stroje jsou vhodné pro tzv. „slurry“ zeminy aj. Pro zdravý horninový masiv je naopak vhodnější použití metod „drill and blast“. Lze tedy říct, že charakter horninového prostředí do značné míry určuje metodu ražení, ale přistupují zde i další faktory (hloubka díla pod povrchem, zastavěnost povrchu, hydrogeologické podmínky apod.). Pokud se pro dané prostředí zvolí nevhodná metoda, může dojít k poškození díla při ražbě, ale i k výraznějším negativním dopadům ražby na povrch. Těmito poškozeními mohou být: narušení stability prostředí až její celková ztráta, nadvylomy či závaly. Tato poškození vedou ke vzniku poklesů na povrchu, tedy ke vzniku poklesových kotlin. V extrémních případech může dojít až k provalení nadloží do podzemního díla a vznikne tzv. „hluboká poklesová jáma“.

V rámci ražby probíhá i vyztužování díla, které se provádí ve všech případech. Je tedy nedílnou součástí výstavby podzemního díla. Výztuž podzemní dílo stabilizuje a umožňuje zachovat jeho tvar po celou dobu životnosti díla. Výztuž aktivně působí na horninové prostředí. V případě ražby NRTM se nejprve provede primární (dočasné) ostění. Toto ostění je tvořeno nejčastěji stříkaným betonem. Tento nástřik slouží mimo jiné jako konsolidační vrstva proti tvorbě nadvylomů a navíc pod jeho ochranou dochází k redistribuci napětí v okolí tunelu a umožnění tvorby horninové klenby. Poté se provede většinou železobetonové sekundární (trvalé) ostění. Právě využití samonosné funkce horninového masivu (v případě aplikace této metody ražby) může vést k výraznějším negativním projevům na povrchu ve srovnání s mechanizovanou ražbou s využitím tunelovacích strojů. V případě použití mechanizované ražby s využitím tunelovacích strojů je pak ostění jednovrstvé (většinou železobetonové tybinky) a dostatečně tuhé, umožňující dosáhnout minimalizace poklesových jevů na povrchu nad tunelem.

3.3. Rozměry podzemního díla a hloubka jeho uložení pod povrchem

Rozměry díla jsou jedním z hlavních faktorů, které přímo ovlivňují charakteristiky poklesové kotliny. Lze říct, že čím větší dílo, tím větší posuny na povrchu, tedy i poklesové kotliny. Pokud roste velikost podzemního díla, a to hlavně do šířky, je zapotřebí, aby byl strop díla samonosný. Také se zvyšují nároky na dočasnou výztuž využitou při realizaci díla (kombinace stříkaného betonu se svorníky, s příhradovými nosníky apod.).

Hloubka uložení je dalším výrazným faktorem pro vznik poklesové kotliny a určuje parametry poklesové kotliny. Pokud je dílo v malé hloubce pod povrchem, nastane velký pokles. Čím větší bude hloubka uložení díla, tím menší vlivy bude mít toto dílo na povrch terénu, tedy čím hlouběji bude dílo raženo, tím menší bude poklesová kotlina.

Charakteristiky poklesové kotliny se často vyjadřují v závislosti na poměru $\frac{H}{D}$, kde H je hloubka uložení díla a D je šířka podzemního díla. Čím větší tento poměr bude, tím nižší hodnotu sedání na povrchu lze očekávat.

3.4. Tlakové poměry

Stabilitu v podloží ovlivňuje napětí vyvolané ražbou podzemního díla a původní napětí, které vyvolává zemina. Před vyražením díla je masiv ve stavu primárního (původního) stavu napjatosti, který je charakterizován horizontální a vertikální složkou. Toto původní napětí závisí především na tíze zemin v nadloží díla, koeficientu bočního tlaku, HPV a odpovídající tíze zvodnělých horizontů. Po vyražení díla dochází k redistribuci původního napětí a v horninovém masivu je nastolen nový stav rovnováhy. Vznikají tak nové napětíodeformační poměry, které mimo jiné závisí na stavu původní napjatosti. Na charakteristiky poklesové kotliny má tedy vliv jak velikost složek primární napjatosti, tak i jejich poměr (velikost koeficientu bočního tlaku).

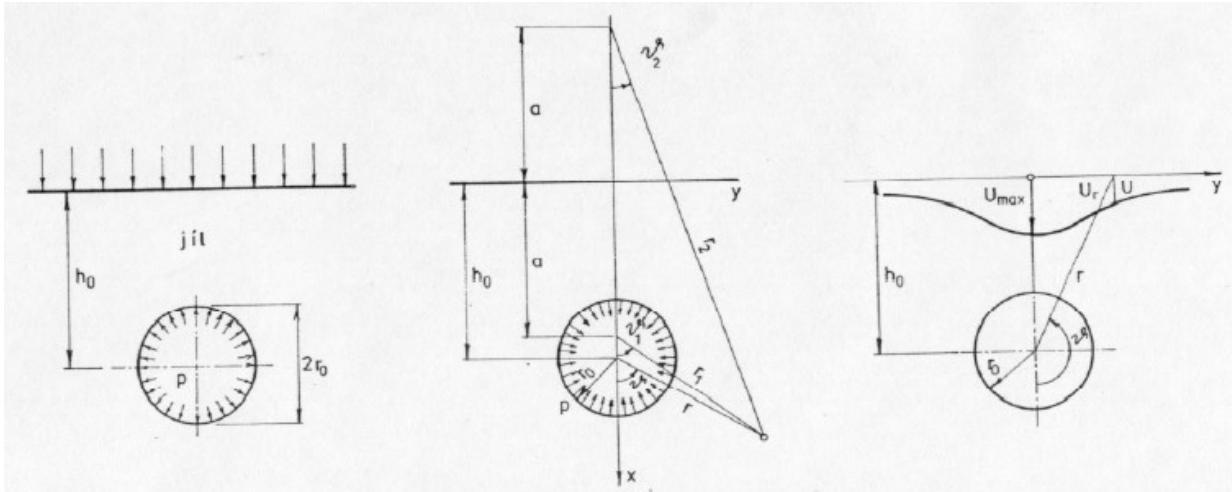
Pokud se podzemní dílo nachází v malých hloubkách, k tlakovým poměrům může přibýt i složka zatížení od stávající zástavby na povrchu, která může významně ovlivnit pokles terénu, a to tak, že pokles bude výrazně větší.

4. Základní analytické metody a jejich principy

Základní metody výpočtu lze rozdělit na analyticko-numerické metody a empiricko-inženýrské metody.

4.1. Metoda Joffrey–Limanov

Tato metoda patří mezi analyticko-numerické metody, vychází z předpokladu pružného izotropního poloprostoru a je založena na pozorování posunu bodu, který je ovlivňován při realizaci podzemního díla. Tento bod se nachází uvnitř či na hranici prostoru, ve kterém vliv podzemního díla působí. Horizontální a vertikální složky posunu bodu (u , v) jsou pak matematicky vyjádřeny (3) dle obr. 2 (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993).



Obrázek 2: Schémata metody Joffrey–Limanov (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993)

$$\begin{aligned}
 u &= -(1-\nu) \frac{p}{E} r_0^2 \left\{ \left[2(1-\nu) \frac{h_0}{a} - (1-2\nu) \right] \frac{\cos \vartheta_1}{r_1} - \left[2(1-\nu) \frac{h_0}{a} + (1-2\nu) \right] \right. \\
 &\quad \cdot \frac{\cos \vartheta_2}{r_2} + \frac{x}{a} \left[(h-a) \frac{\cos 2\vartheta_1}{r_1^2} - (h+x) \frac{\cos 2\vartheta_2}{r_2^2} \right] \left. \right\} \\
 v &= -(1+\nu) \frac{p}{E} r_0^2 \left\{ \left[2(1-\nu) - (1-2\nu) \frac{h_0}{a} \right] \frac{\sin \vartheta_1}{r_1} + \left[2(1-\nu) + (1-2\nu) \frac{h_0}{a} \right] \right. \\
 &\quad \cdot \frac{\sin \vartheta_2}{r_2} + \frac{x}{a} \left[(h_0-a) \frac{\sin 2\vartheta_1}{r_1^2} - (h_0+a) \frac{\sin 2\vartheta_2}{r_2^2} \right] \left. \right\} \\
 a &= \sqrt{h_0^2 - r_0^2} \\
 p &= \frac{1}{2} (p_v + p_h) \\
 p_v &= \sum \gamma_i h_i \\
 p_h &= \frac{\nu}{1-\nu} \cdot p_v \\
 r_1 &= \sqrt{(x-a)^2 + y^2}
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$r_2 = \sqrt{(x + a)^2 + y^2}$$

$$\tan \vartheta_1 = \frac{y}{x - a}$$

$$\tan \vartheta_2 = \frac{y}{x + a}$$

E ...modul pružnosti horniny (MPa)

ν ...Poissonovo číslo prostředí (-)

h_i ...mocnost i -té vrstvy v nadloží (m)

γ_i ...objemová tíha i -té vrstvy v nadloží ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)

Rovnice pro maximální posun ve vertikálním směru je pak vyjádřena dle předchozích výpočtů (3) takto:

$$s_{max} = (1 - \nu^2) \frac{p}{E} \cdot \frac{4r_0^2 h_0}{h_0^2 - r_0^2} \quad (4)$$

Pomocí maximálního posunu ve vertikálním směru (4) lze vyjádřit poklesovou křivku, resp. její průběh. Matematický vztah je odvozen z pravděpodobnostní křivky dle Averšina. Vztah pro tuto křivku je vyjádřen takto:

$$s = s_{max} \left(1 - \frac{y}{2a}\right)^4 \cdot e^{\frac{4y}{2a}} \quad (5)$$

Výše uvedená vyjádření platí pro homogenní horninové prostředí. V případě nehomogenního prostředí je nutno vypočítat maximální posun metodou dle Szechyho.

4.2. Metoda dle Szechyho

Tato metoda patří mezi analyticko-numerické metody a je vhodné ji využít pro analýzu zemin nesoudržných, ve kterých bylo dílo realizováno tunelovacím štítem (obr. 3), nebo pro nehomogenní prostředí (Szechy, 1966). Principem metody je předpoklad, že nad čelem štítu vznikne smyková plocha β' (6), která je rovinná. Na této ploše dochází k překročení smykové pevnosti. Tato plocha je definovaná takto:

$$\beta' = 45 + \frac{\varphi}{2} \quad (6)$$

Sklon této plochy je určen podmínkou pevnosti:

$$\tau = \sigma \cdot \tan \varphi + c. \quad (7)$$

Nesoudržná zemina je během realizace podzemního díla značně nestabilní, má tendenci se přesouvat k čelu tunelovacího stroje, štítu, a poté do prostoru výrubu. Tento pohyb pak způsobuje zával, který způsobí pokles na povrchu. Zmíněný pokles je definován jako „rovnost objemů poklesové jámy nad čelem štítu a objemem závalu do díla ($V_1 = V_2$)“ (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993).

Objem V_1 , tedy objem určující velikost poklesové kotliny, je vyjádřen takto:

$$V_1 = \frac{1}{3} r \cdot s_{\max} \left\{ \left[\frac{4}{\sin \beta} (H + r) + 4 \left(r + 2H + \frac{H^2}{r} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Objem V_2 , tedy objem určující zával, který je v čelbě, je vyjádřen takto:

$$V_2 = r^3 \pi \tan \alpha \quad (9)$$

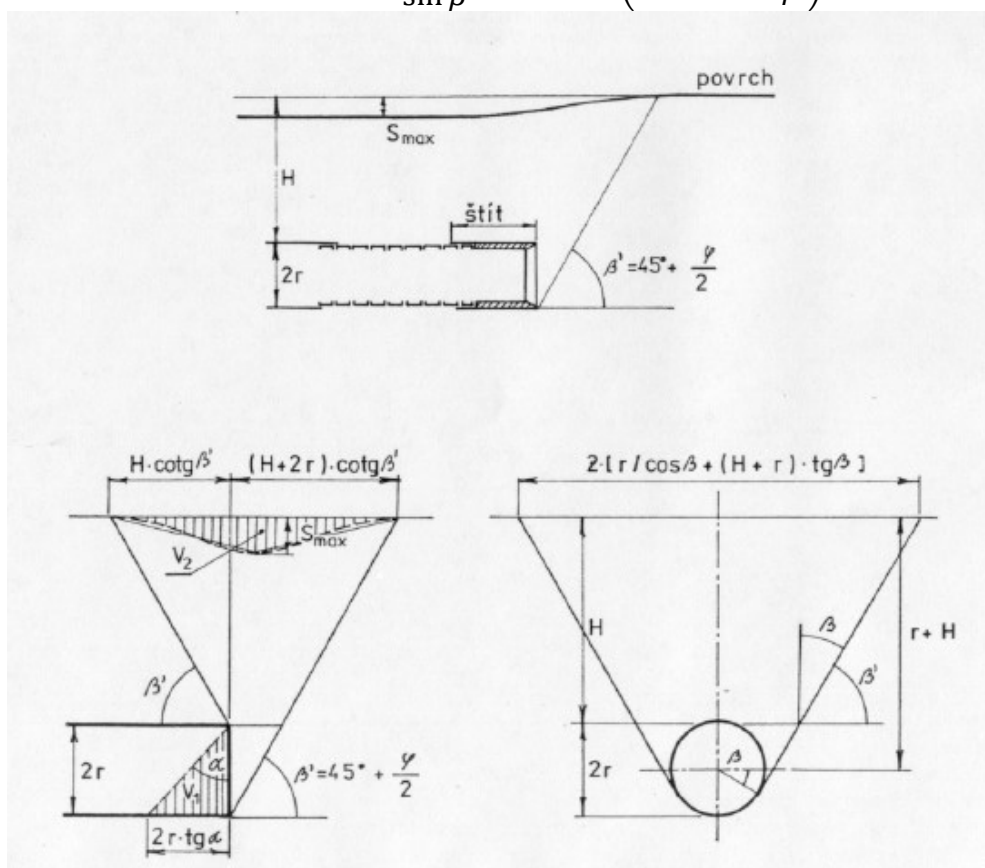
Tento vzorec odpovídá výpočtu objemu čtyřhranného jehlanu.

Poměr těchto objemů (8, 9) pak vyjadřuje maximální pokles. Tento pokles je vyjádřen takto:

$$s_{\max} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{3\pi r^2 \tan \alpha}{\frac{4}{\sin \beta} \cdot (H + r) + 4 \left(r + 2H + \frac{H^2}{r} \right)} \quad (10)$$

Takto vyjádřený maximální pokles (obr. 3) platí v situaci, kdy je při ražbě využit štít, který nemá čelní pažení. Při ražbě štítem s čelním pažením je zabráněno závalu do výrubu, což znamená, že pokles je definován jako poměr objemu nadvýlomu (V_0), který se určí z vytěženého objemu zeminy z 1 bm výrubu a objemu poklesové kotliny, protože objem V_2 , určující velikost závalu, je roven 0 ($V_0 = V_1$). Tento poměr je vyjádřen takto:

$$s_{\max} = \frac{V_0}{V_1} = \frac{\frac{3V_0}{r}}{\frac{4}{\sin \beta} \cdot (H + r) + 4 \left(r + 2H + \frac{H^2}{r} \right)} \quad (11)$$



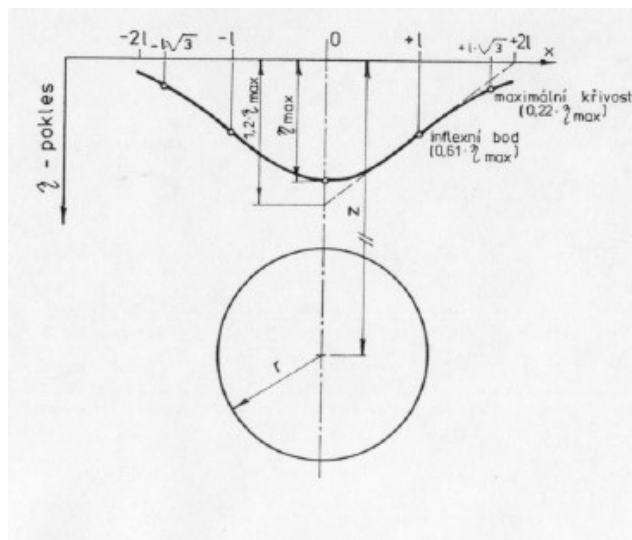
Obrázek 3: Schémata metody dle Szechyho (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993)

4.3. Metoda nomogramu dle Pecka

Tato metoda patří mezi inženýrsko-empirické metody a vychází ze symetrie profilu v příčném směru. Tato symetrie je stanovena podle osy ve vertikálním směru. Maximální pokles, který vznikne nad vrcholem klenby, a objem, který tvoří nadvýlom, pak definují tvar samotné kotliny (Peck, 1969).

Maximální pokles a objem nadvýlomu jsou ovlivněny mnoha faktory, včetně přítomnosti podzemní vody, technologie ražení, kterou je dílo prováděno, a jeho vyztužení.

U této metody se uplatňuje tvar Gaussovy křivky, a to tak, že křivky, které reprezentují příčný profil, mají stejný průběh (obr. 4).



Obrázek 4: Objem poklesové kotliny (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993)

Poklesovou kotlinu stanovujeme pomocí jejího objemu. Tuto hodnotu objemu lze zjistit z příčného řezu, který je kolmý na směr ražení.

Tento objem je vyjádřen vztahem:

$$V_s = B s_{max} \cong \sqrt{2\pi} i s_{max} \cong 2,5 i s_{max}. \quad (12)$$

Maximální pokles, který zjišťujeme v ose výrubu, lze vyjádřit pomocí objemu kotliny a vzdálenosti inflexního bodu:

$$s_{max} = \frac{V_s}{2,5 i} \quad (13)$$

Křivka příčného profilu je pak určena funkcí pro vzdálenost y od středu dané kotliny:

$$s_y = s_{max} \cdot e^{\left(-\frac{y^2}{2i^2}\right)} \quad (14)$$

Pro přesné určení křivky, která reprezentuje poklesovou kotlinu, stanovujeme pokles v inflexních bodech I a pokles v bodu, kde dochází k maximální křivosti M . Profil poklesu je stanoven vzdáleností (v horizontálním směru) mezi inflexním bodem a vertikální osou díla.

Pokles v inflexních bodech stanovujeme proto, že dle Peckových měření, byly v těchto bodech stanoveny maximální horizontální deformace a maximální sklon poklesové kotliny. V těchto bodech dochází k přechodům tlačných částí na tahové, což znamená, že vznik trhlin očekáváme spíše v této oblasti kotliny než v jiné, což je nepříznivé z hlediska tvorby trhlin a poruch na objektech lokalizovaných v místech inflexních bodů.

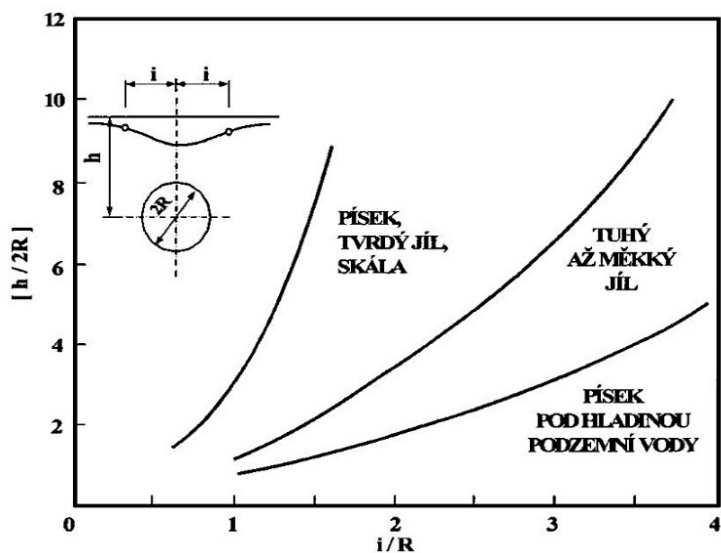
Výpočet pro pokles s_i v inflexních bodech I :

$$s_i = 0,61s_{max} \quad (15)$$

Výpočet pro pokles s_M v bodě maximální křivosti M :

$$s_M = 0,22s_{max} \text{ nebo také } s_M = \sqrt{3s_i} \quad (16)$$

„Na základě v praxi zjištěných informací byly navrženy a zpracovány závislosti mezi poměry $\frac{i}{D}$ a $\frac{H}{D}$ pro různé skupiny zemin.“ (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993) (obr. 5).



Obrázek 5: Graf pro předpověď výšky poklesové kotliny v závislosti na geometrii ražené podzemní stavby a geologickém prostředí (Aldorf, Bradáč, Vojtasík, & kol., 1993)

5. Stanovení poklesové kotliny v závislosti na vybraných faktorech

Analýza poklesové kotliny byla provedena pomocí programu GEO5–modul VÝRUB od společnosti Fine Software. Sledovanými faktory, dle kterých byla analýza provedena, byly hloubka uložení díla H , rozměr díla (poloměr výrubu) r a charakter horninového prostředí. Na základě změny těchto parametrů byly provedeny výpočty. Hlavním srovnávacím faktorem, podle kterého byly stanoveny výsledky, pak byl poměr parametrů $\frac{H}{r}$.

Výpočet poklesové kotliny lze rozdělit na dvě skupiny. Každá tato skupina výpočetních metod má za cíl stanovit především maximální pokles s_{max} a sklon dané poklesové kotliny, popř. její dosah či vzdálenost inflexního bodu od středu výrubu. Tyto výpočty jsou provedeny buď na základě teorie ztráty objemu, nebo klasické teorie.

Tvar poklesové kotliny je popsán pomocí křivek dle Gausse a Averšina. Křivka dle Gausse využívá pro výpočet sednutí v daném bodě vzdálenost od inflexního bodu L_{inf} (17), zatímco křivka dle Averšina ve výpočtu využívá dosah poklesové kotliny L (18).

Křivka dle Gausse (Manuál programového systému GEO5, nedatováno)

$$s_i = s_{max} e^{\left(\frac{-x_i^2}{2L_{inf}^2}\right)} \quad (17)$$

s_i ...sednutí v bodě o souřadnici x_i od středu výrubu (m)

s_{max} ...maximální hodnota poklesu terénu (m)

L_{inf} ...vzdálenost inflexního bodu od středu výrubu (m)

Křivka dle Averšina (Manuál programového systému GEO5, nedatováno)

$$s_i = s_{max} \left(1 - \frac{x_i}{L}\right)^4 e^{\left(\frac{4x_i}{L}\right)} \quad (18)$$

s_i ...sednutí v bodě o souřadnici x_i od středu výrubu (m)

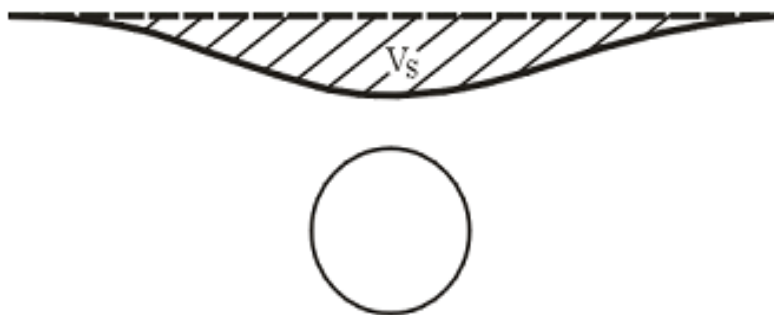
s_{max} ...maximální hodnota poklesu terénu (m)

L ...dosah poklesové kotliny od středu výrubu (m)

5.1. Ztráta objemu zeminy

Tuto metodu lze zařadit mezi empirické metody, které částečně obsahují i teoretické prvky. Výpočet je proveden podle dvou parametrů, které nepřímo zavádějí do výpočtu vliv mechanických parametrů prostředí, vliv ražby a technologie její výstavby a vystrojení výrubu. Těmito souhrnnými parametry jsou koeficient pro výpočet inflexního bodu k a procentuální ztráta objemu VL (Manuál programového systému GEO5, nedatováno). Pomocí těchto parametrů je určen tvar poklesové kotliny a její charakteristiky.

Základním výchozím principem této teorie je rovnost objemů zeminy, který se nachází mezi původním horizontem povrchu a poklesovou křivkou, a objemem nadvýlomu nad projektovaným profilem (obr. 6).



Obrázek 6: Poklesová kotlina vyjádřená pomocí teorie ztráty objemu (Manuál programového systému GEO5, nedatováno)

Výpočet pro polohu inflexního bodu (Manuál programového systému GEO5, nedatováno):

$$L_{inf} = k \cdot Z \text{ (m)} \quad (19)$$

k...koeficient pro výpočet inflexního bodu (závisí na charakteru horninového prostředí) (-)

Z...hloubka středu výrubu (m)

Výpočet pro maximální sednutí (Manuál programového systému GEO5, nedatováno):

$$s_{max} = \frac{A \cdot VL}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot L_{inf}} \text{ (m)} \quad (20)$$

A...plocha výrubu (m²)

VL...procentuální ztráta objemu (%)

Výpočet byl proveden na základě doporučených hodnot pro koeficient k (tab. 1) a pro hodnotu VL dle manuálu softwaru GEO5 (Manuál programového systému GEO5, nedatováno) byla použita hodnota odpovídající sekvenčnímu výrubu, a to $VL = 1,5 \%$.

Tabulka 1: Doporučené hodnoty „ k “ v závislosti na zemině (Manuál programového systému GEO5, nedatováno)

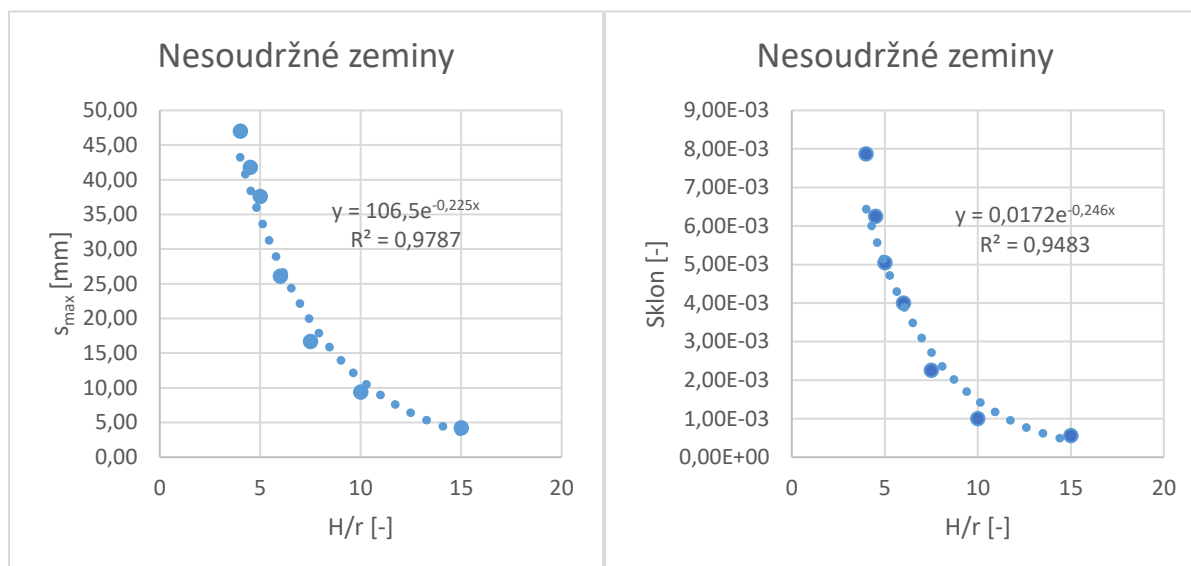
Zeminy	k [-]
Nesoudržné zeminy	0,3
Normálně konsolidované jíly	0,5
Překonsolidované jíly	0,6–0,7
Jílovité břidlice	0,6–0,8

5.1.1. Ztráta objemu zeminy – výpočet maximálního poklesu a sklonu dle Gausse

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro nesoudržné zeminy stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 2. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro nesoudržné zeminy, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 7.

Tabulka 2: Nesoudržné zeminy – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,3	1,5	12,00	3,00	4	47,00	7,87E-03	3,60
		13,50	3,00	4,5	41,80	6,25E-03	4,05
		15,00	3,00	5	37,60	5,05E-03	4,50
		15,00	2,50	6	26,10	4,00E-03	4,50
		15,00	2,00	7,5	16,70	2,25E-03	4,50
		15,00	1,50	10	9,40	1,00E-03	4,50
		15,00	1,00	15	4,20	5,60E-04	4,50

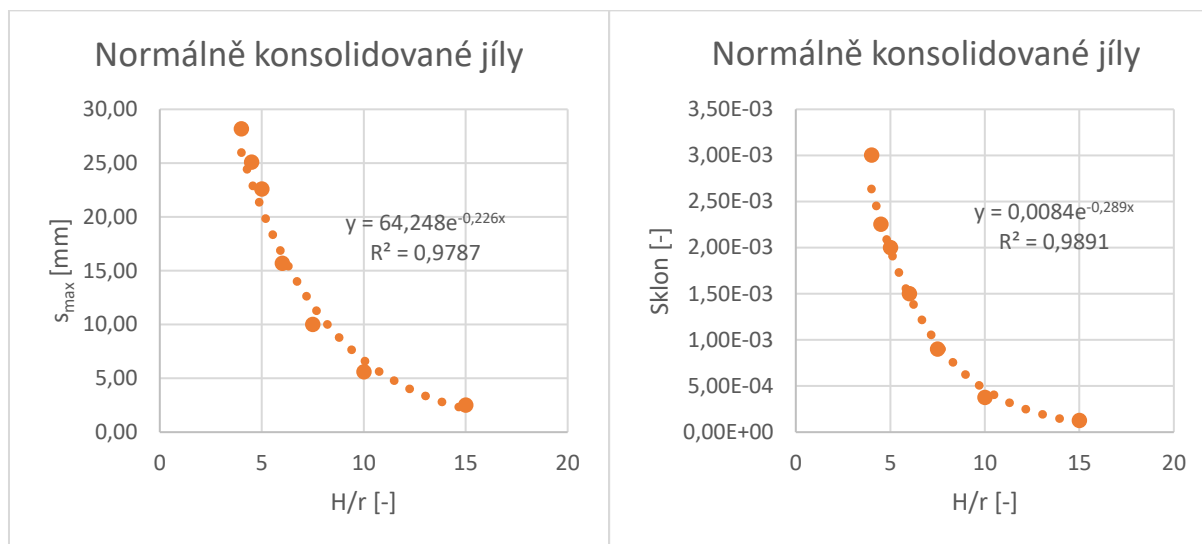


Obrázek 7: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro nesoudržné zeminy

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro normálně konsolidované jíly stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 3. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro normálně konsolidované jíly, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 8.

Tabulka 3: Normálně konsolidované jíly – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,5	1,5	12,00	3,00	4	28,20	3,00E-03	6,00
		13,50	3,00	4,5	25,10	2,25E-03	6,75
		15,00	3,00	5	22,60	2,00E-03	7,50
		15,00	2,50	6	15,70	1,50E-03	7,50
		15,00	2,00	7,5	10,00	9,00E-04	7,50
		15,00	1,50	10	5,60	3,75E-04	7,50
		15,00	1,00	15	2,50	1,25E-04	7,50

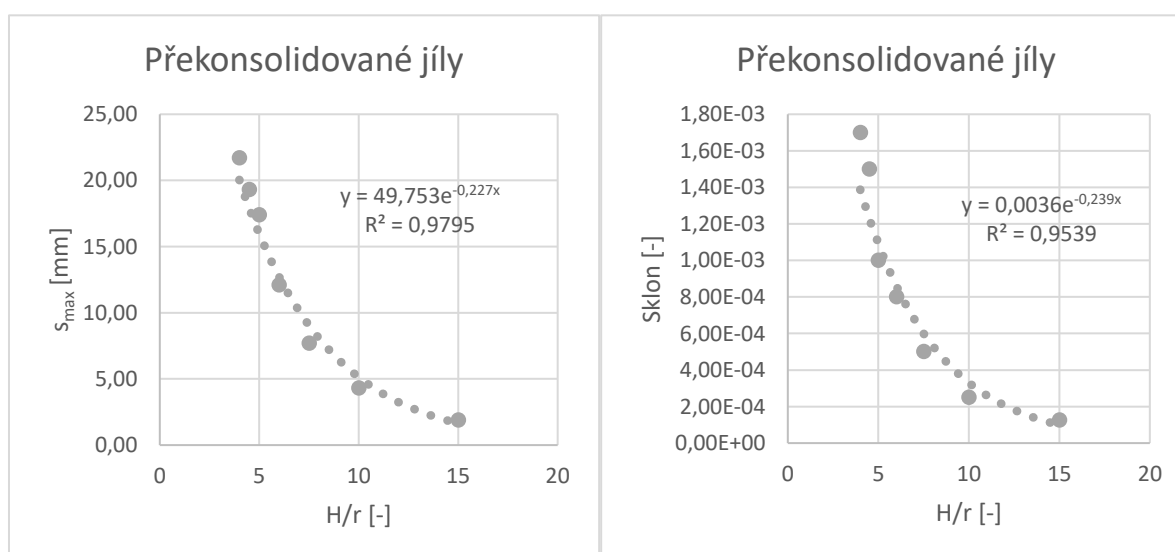


Obrázek 8: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro normálně konsolidované jíly (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro překonsolidované jíly stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 4. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro překonsolidované jíly, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 9.

Tabulka 4: Překonsolidované jíly – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
0,65	1,5	12,00	3,00	4	21,70	1,70E-03	7,80
		13,50	3,00	4,5	19,30	1,50E-03	8,78
		15,00	3,00	5	17,40	1,00E-03	9,75
		15,00	2,50	6	12,10	8,00E-04	9,75
		15,00	2,00	7,5	7,70	5,00E-04	9,75
		15,00	1,50	10	4,30	2,50E-04	9,75
		15,00	1,00	15	1,90	1,25E-04	9,75

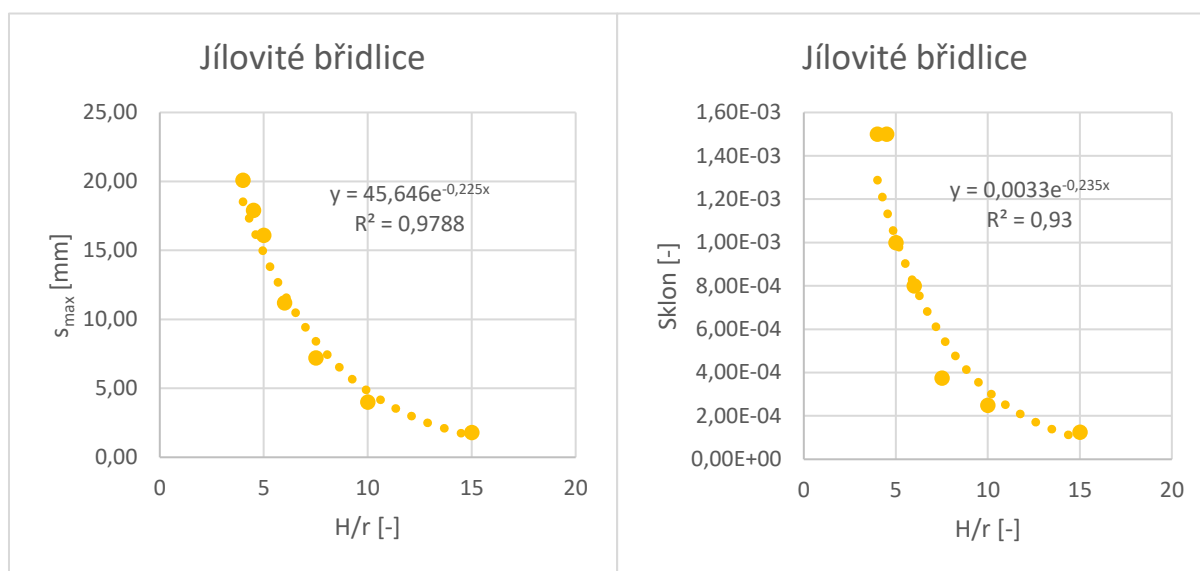


Obrázek 9: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro překonsolidované jíly (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovité břidlice stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 5. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovité břidlice, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr.10.

Tabulka 5: Jílovité břidlice – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,7	1,5	12,00	3,00	4	20,10	1,50E-03	8,40
		13,50	3,00	4,5	17,90	1,50E-03	9,45
		15,00	3,00	5	16,10	1,00E-03	10,50
		15,00	2,50	6	11,20	8,00E-04	10,50
		15,00	2,00	7,5	7,20	3,75E-04	10,50
		15,00	1,50	10	4,00	2,50E-04	10,50
		15,00	1,00	15	1,80	1,25E-04	10,50

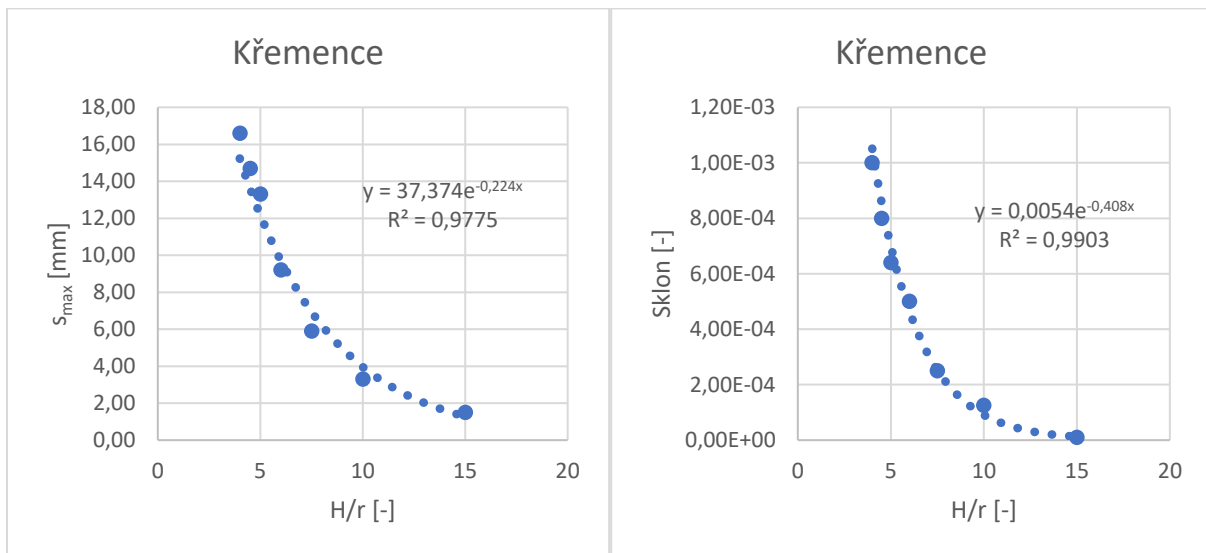


Obrázek 10: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovité břidlice (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro křemence stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 6. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro křemence, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 11.

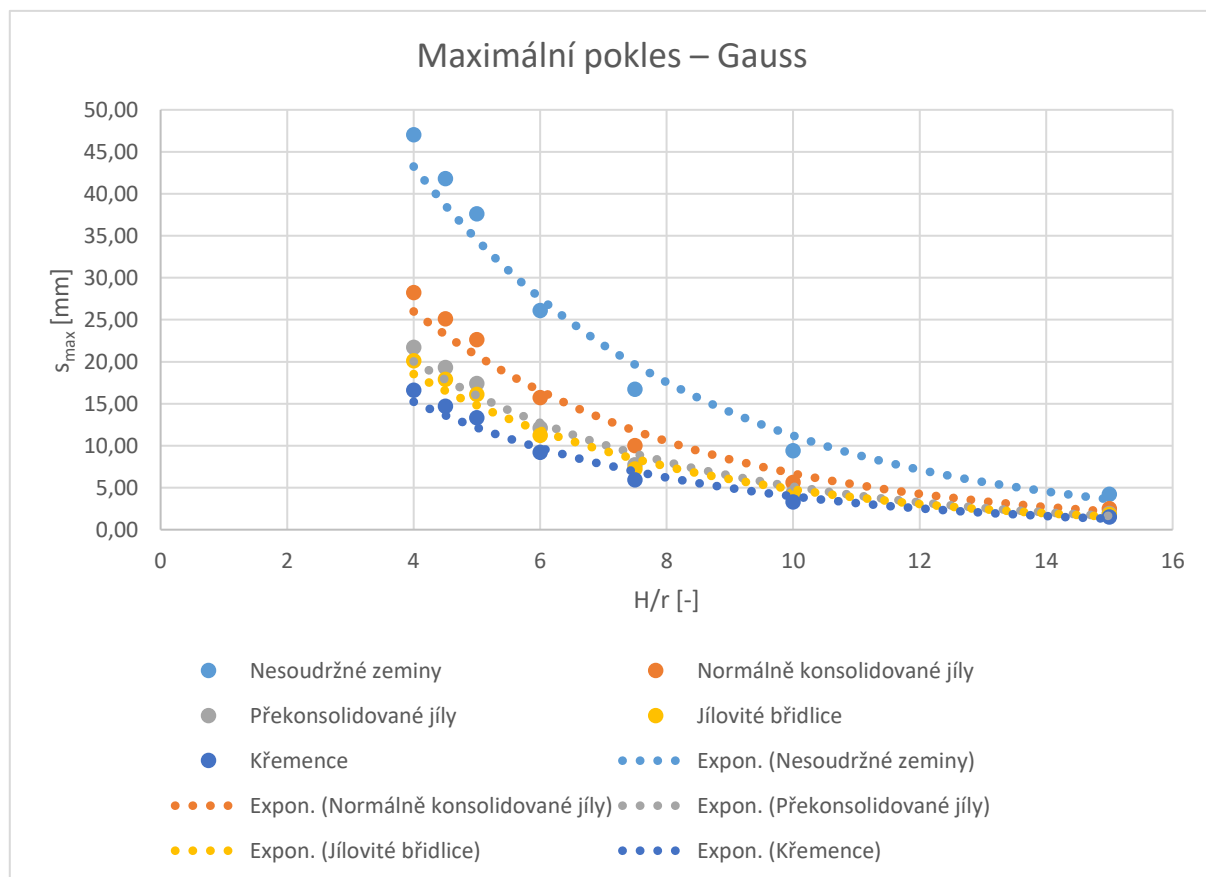
Tabulka 6: Křemence – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,85	1,5	12,00	3,00	4	16,60	1,00E-03	10,20
		13,50	3,00	4,5	14,70	8,00E-04	11,47
		15,00	3,00	5	13,30	6,40E-04	12,75
		15,00	2,50	6	9,20	5,00E-04	12,75
		15,00	2,00	7,5	5,90	2,50E-04	12,75
		15,00	1,50	10	3,30	1,25E-04	12,75
		15,00	1,00	15	1,50	1,00E-05	12,75

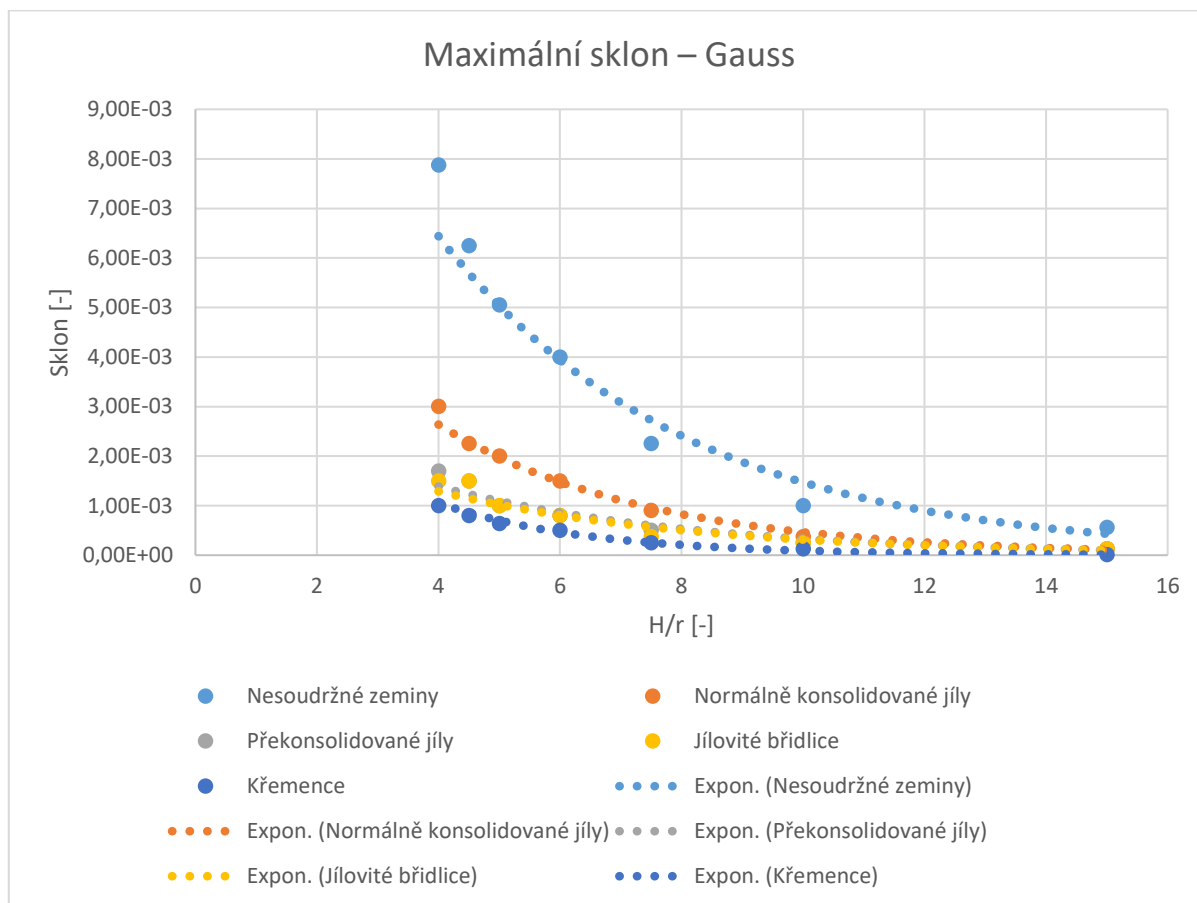


Obrázek 11: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro křemence (Gauss)

Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro všechny zkoumané zeminy stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 12 a obr. 13.



Obrázek 12: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Gausse



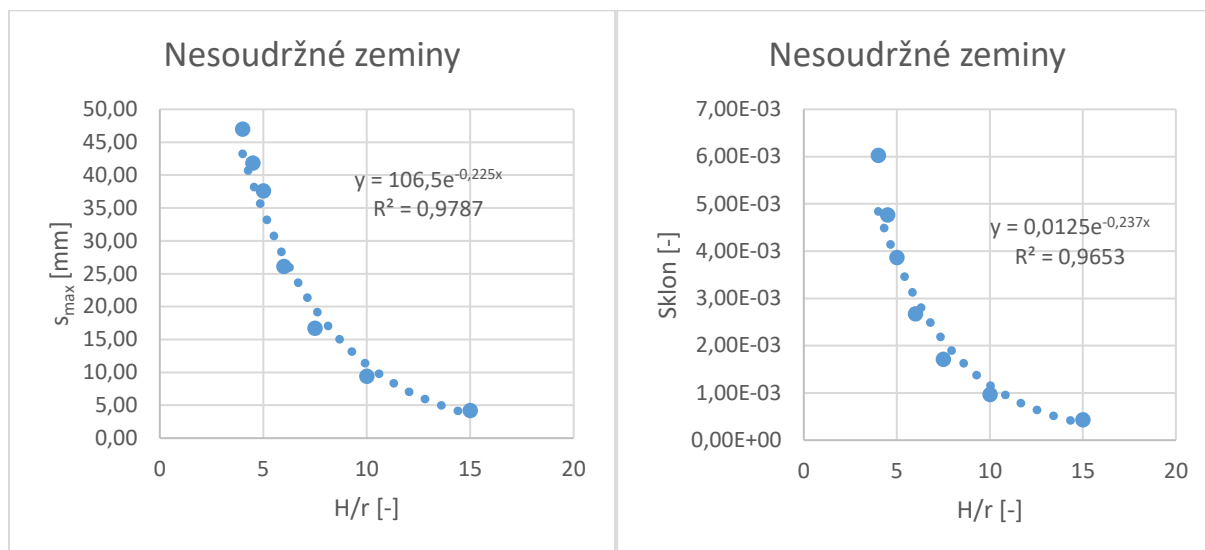
Obrázek 13: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Gausse

5.1.2. Ztráta objemu zeminy – výpočet maximálního poklesu a sklonu dle Aversina

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro nesoudržné zeminy stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Aversinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 7. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro nesoudržné zeminy, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 14.

Tabulka 7: Nesoudržné zeminy – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
0,3	1,5	12,00	3,00	4	47,00	6,02E-03	3,60
		13,50	3,00	4,5	41,80	4,76E-03	4,05
		15,00	3,00	5	37,60	3,86E-03	4,50
		15,00	2,50	6	26,10	2,67E-03	4,50
		15,00	2,00	7,5	16,70	1,71E-03	4,50
		15,00	1,50	10	9,40	9,63E-04	4,50
		15,00	1,00	15	4,20	4,28E-04	4,50

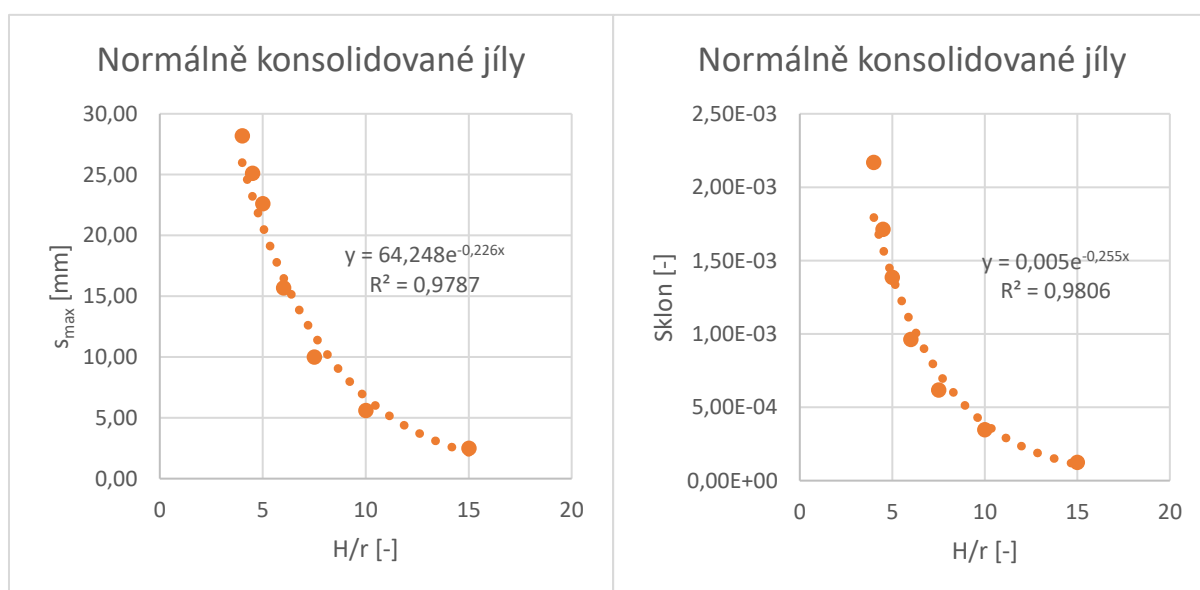


Obrázek 14: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro nesoudržné zeminy (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro normálně konsolidované jíly stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 8. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro normálně konsolidované jíly, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 15.

Tabulka 8: Normálně konsolidované jíly – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
0,5	1,5	12,00	3,00	4	28,20	2,17E-03	6,00
		13,50	3,00	4,5	25,10	1,71E-03	6,75
		15,00	3,00	5	22,60	1,39E-03	7,50
		15,00	2,50	6	15,70	9,63E-04	7,50
		15,00	2,00	7,5	10,00	6,17E-04	7,50
		15,00	1,50	10	5,60	3,47E-04	7,50
		15,00	1,00	15	2,50	1,25E-04	7,50

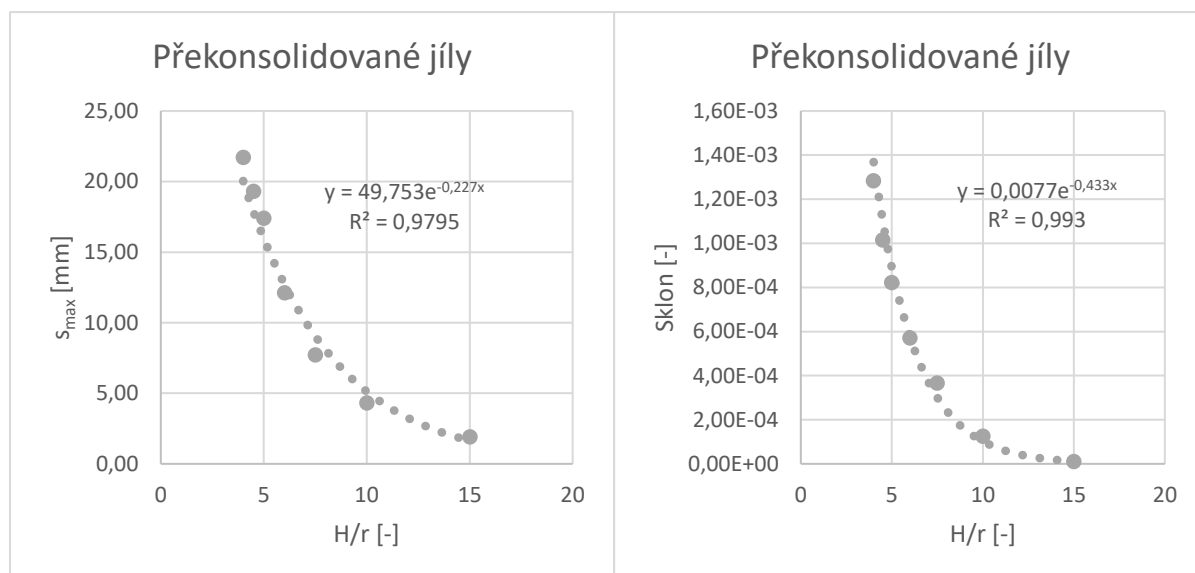


Obrázek 15: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro normálně konsolidované jíly (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro překonsolidované jíly stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 9. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro překonsolidované jíly, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 16.

Tabulka 9: Překonsolidované jíly – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,65	1,5	12,00	3,00	4	21,70	1,28E-03	7,80
		13,50	3,00	4,5	19,30	1,01E-03	8,78
		15,00	3,00	5	17,40	8,21E-04	9,75
		15,00	2,50	6	12,10	5,70E-04	9,75
		15,00	2,00	7,5	7,70	3,65E-04	9,75
		15,00	1,50	10	4,30	1,25E-04	9,75
		15,00	1,00	15	1,90	1,00E-05	9,75

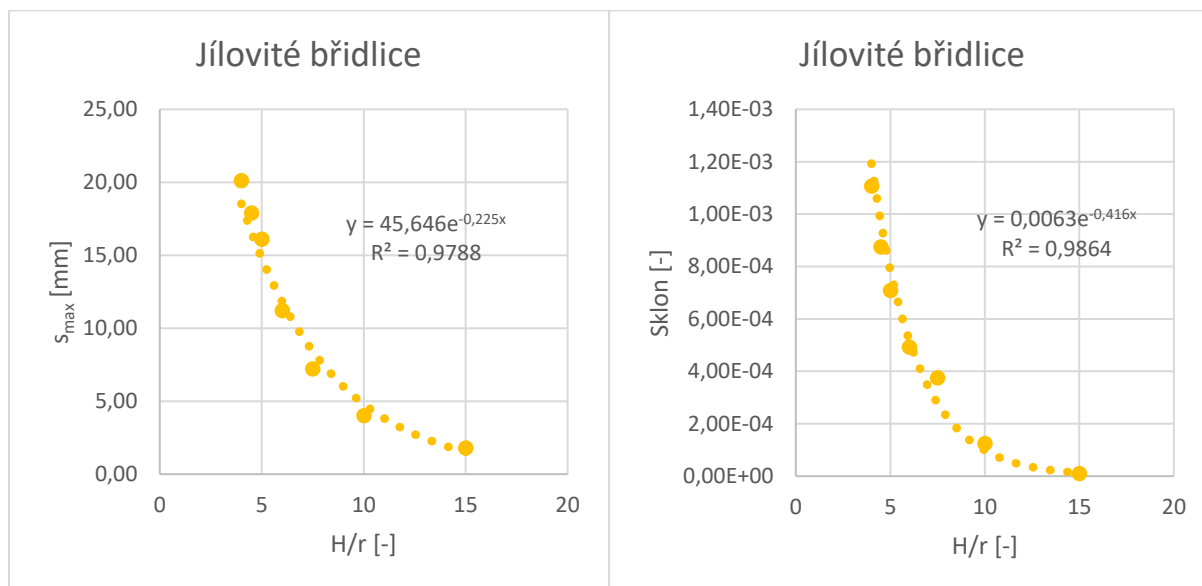


Obrázek 16: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro překonsolidované jíly (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovité břidlice stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 10. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovité břidlice, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 17.

Tabulka 10: Jílovité břidlice – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
0,7	1,5	12,00	3,00	4	20,10	1,11E-03	8,40
		13,50	3,00	4,5	17,90	8,74E-04	9,45
		15,00	3,00	5	16,10	7,08E-04	10,50
		15,00	2,50	6	11,20	4,92E-04	10,50
		15,00	2,00	7,5	7,20	3,75E-04	10,50
		15,00	1,50	10	4,00	1,25E-04	10,50
		15,00	1,00	15	1,80	1,00E-05	10,50

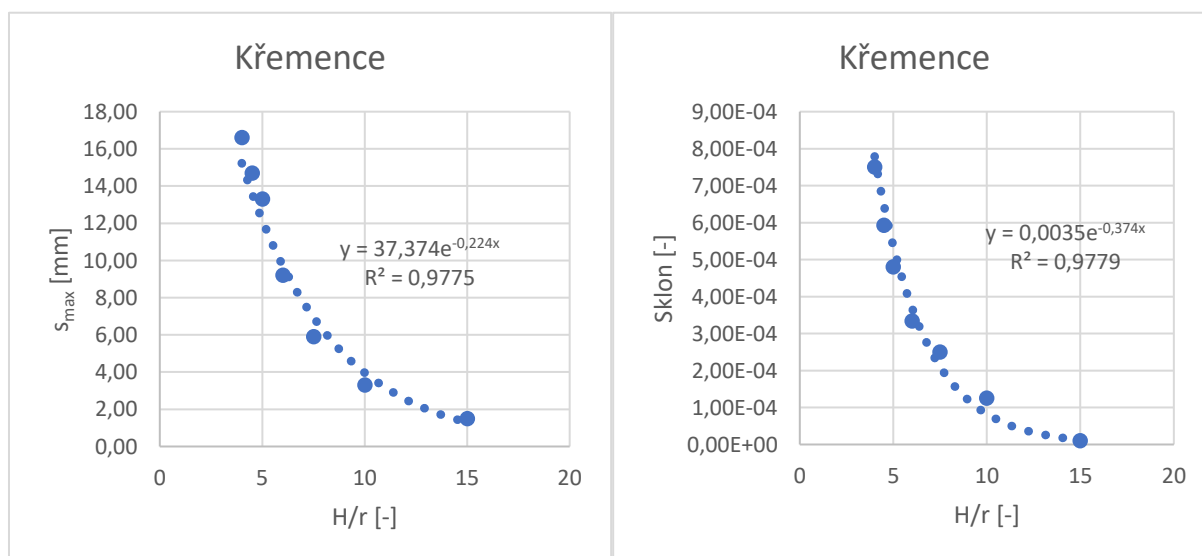


Obrázek 17: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovité břidlice (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro křemence stanovené na základě metody ztráty objemu a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšínovou křivkou jsou uvedeny v tab. 11. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro křemence, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 18.

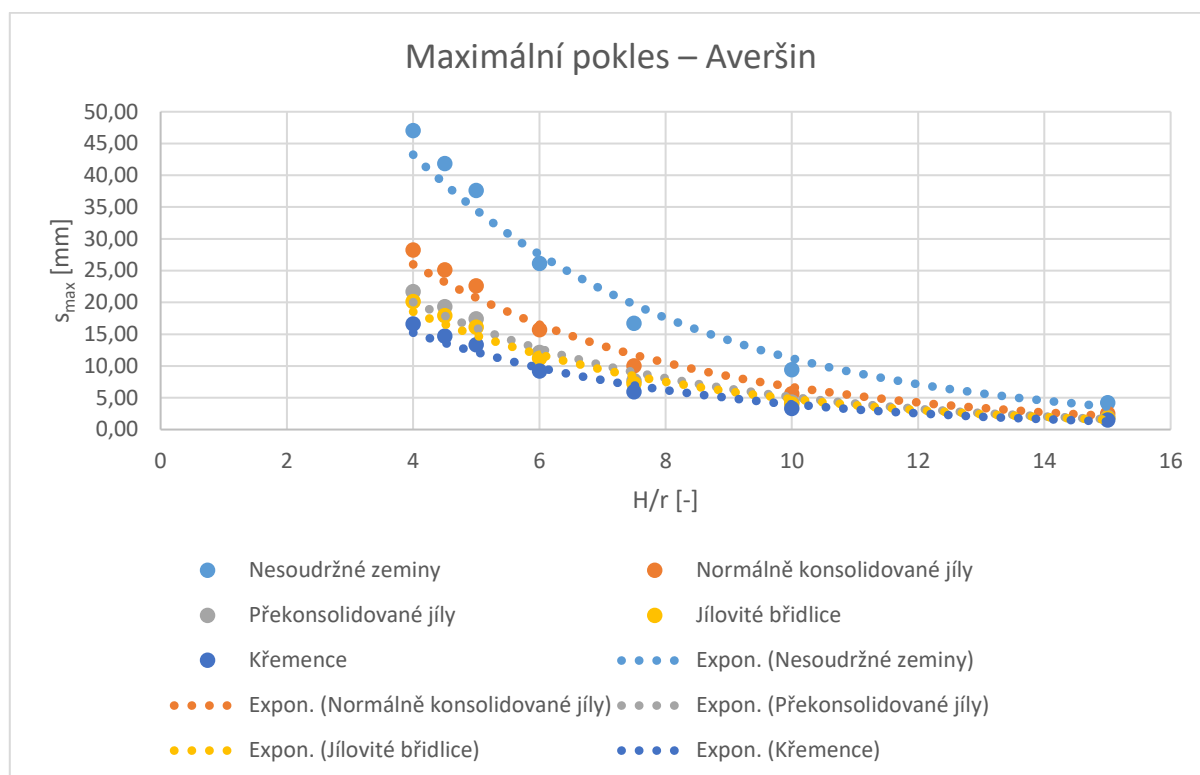
Tabulka 11: Křemence – vstupní hodnoty

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
0,85	1,5	12,00	3,00	4	16,60	7,50E-04	10,20
		13,50	3,00	4,5	14,70	5,93E-04	11,47
		15,00	3,00	5	13,30	4,80E-04	12,75
		15,00	2,50	6	9,20	3,33E-04	12,75
		15,00	2,00	7,5	5,90	2,50E-04	12,75
		15,00	1,50	10	3,30	1,25E-04	12,75
		15,00	1,00	15	1,50	1,00E-05	12,75

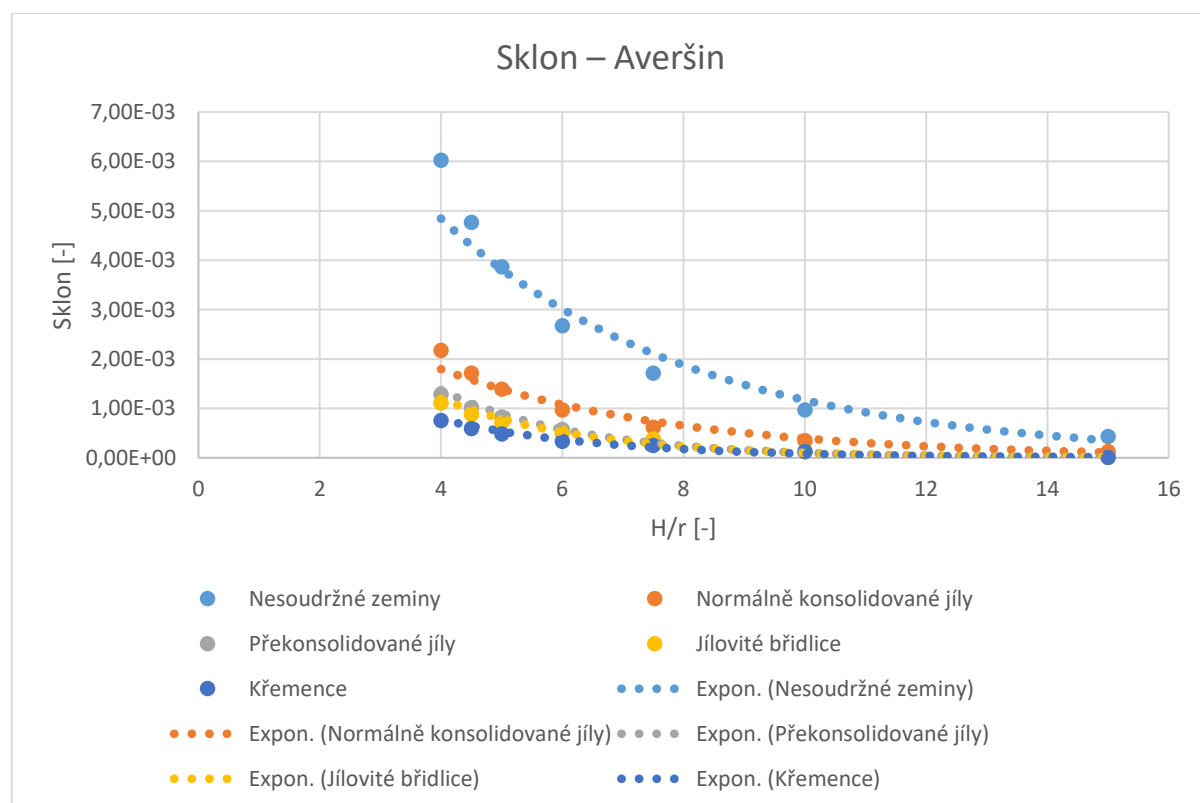


Obrázek 18: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro křemence (Averšín)

Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro všechny zkoumané zeminy stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 19 a obr. 20.

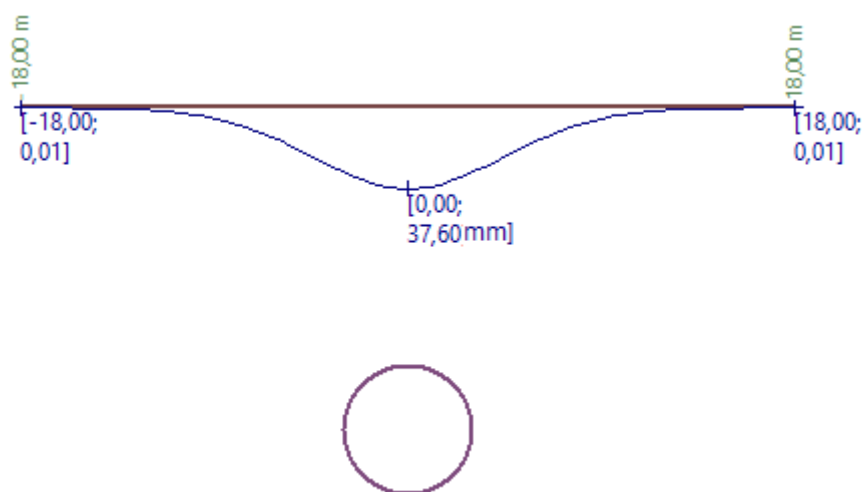


Obrázek 19: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Averšina

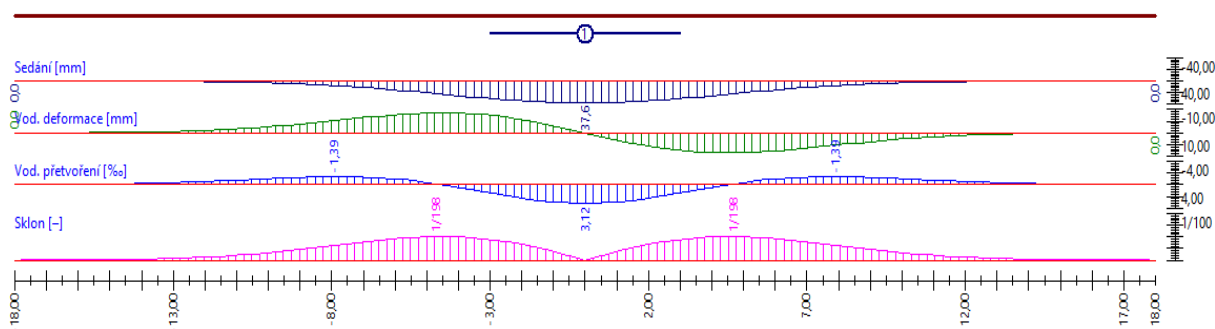


Obrázek 20: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro všechny zkoumané zeminy dle Averšina

V následující části práce jsou ilustrovány detailní výstupy z výpočtu softwaru GEO5 pro hloubku uložení díla $H = 15\text{ m}$, poloměr díla $r = 3\text{ m}$ v případě nesoudržných zemin, kdy je průběh poklesové kotliny popsán Gaussovou křivkou (obr. 21, obr. 22, obr. 23).



Obrázek 21: Výsledný profil poklesové kotliny (software GEO5)



Obrázek 22: Výsledné průběhy vzniku poklesové kotliny (software GEO5)

Výsledky výpočtu - Výrub č. 1	
Vzdálenost inflexního bodu od středu	$L_{inf} = 4,50\text{ m}$
Maximální pokles na povrchu terénu	$s_{max} = 37,6\text{ mm}$
Dosah poklesové kotliny (na povrchu terénu)	$L_{max} = 18,00\text{ m}$
Celkové výsledky	
Poklesová kotlina spočtena na povrchu terénu.	
Maximální pokles	$s_{max} = 37,6\text{ mm}$
Maximální vodorovná deformace	$h_{max} = 8,5\text{ mm}$
Počátek poklesové kotliny	$x_1 = -18,00\text{ m}$
Konec poklesové kotliny	$x_2 = 18,00\text{ m}$
Délka poklesové kotliny	$l = 36,00\text{ m}$

Obrázek 23: Výsledky poklesové kotliny ze softwaru GEO5

5.2. Klasická teorie

Výpočet poklesové kotliny je proveden pomocí dvojice teorií. Těmito teoriemi jsou Limanov–Gauss, Limanov–Averšin, Fazekas–Gauss, Fazekas–Averšin, Peck–Gauss, Peck–Averšin. Rozdíly mezi těmito teoriemi zaznamenáváme při výpočtu v heterogenním prostředí. Prostředí, které bylo předmětem analýzy této práce, bylo v celém horizontu homogenní. V případě homogenního prostředí mezi těmito teoriemi tak není rozdíl. Posuzují se pouze rozdíly mezi křivkami dle Gausse a Averšina v rámci jedné z vybraných teorií. V této práci byla posuzována dvojice teorií Limanov–Gauss a Limanov–Averšin.

V rámci této teorie se posuzuje sklon v inflexním bodě a maximální pokles s_{max} povrchu pro zvolený charakter zemín. Tyto zeminy byly vybrány a uvažovány na základě doporučení manuálu softwaru GEO5 (tab. 12).

Výpočet radiálního zatížení kruhového výrubu (Manuál programového systému GEO5, nedatováno):

$$s_{max} = \frac{A \cdot VL}{100} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot L_{inf}} \quad (\text{m}) \quad (21)$$

$$p = \sigma_z \frac{1+K_r}{2} \quad (\text{kPa}) \quad (22)$$

σ_z ...geostatické napětí odpovídající středu výrubu (kPa)

K_r ...součinitel tlaku v klidu soudržné zeminy (-)

Výpočet maximálního poklesu terénu (Manuál programového systému GEO5, nedatováno):

$$s_{max} = (1 - \nu^2) \frac{p}{E} \frac{4r^2 Z}{Z^2 - r^2} \quad (\text{m}) \quad (23)$$

Výpočet délky poklesové kotliny (Manuál programového systému GEO5, nedatováno):

$$L = 2\sqrt{Z^2 - r^2} \quad (\text{m}) \quad (24)$$

Z ...hloubka středu výrubu (m)

r ...poloměr výrubu (m)

E ...modul pružnosti zeminy v okolí výrubu (MPa)

ν ...Poissonovo číslo zeminy v okolí výrubu (-)

Tabulka 12: Zeminy použité pro výpočet a jejich charakteristiky (Manuál programového systému GEO5, nedatováno)

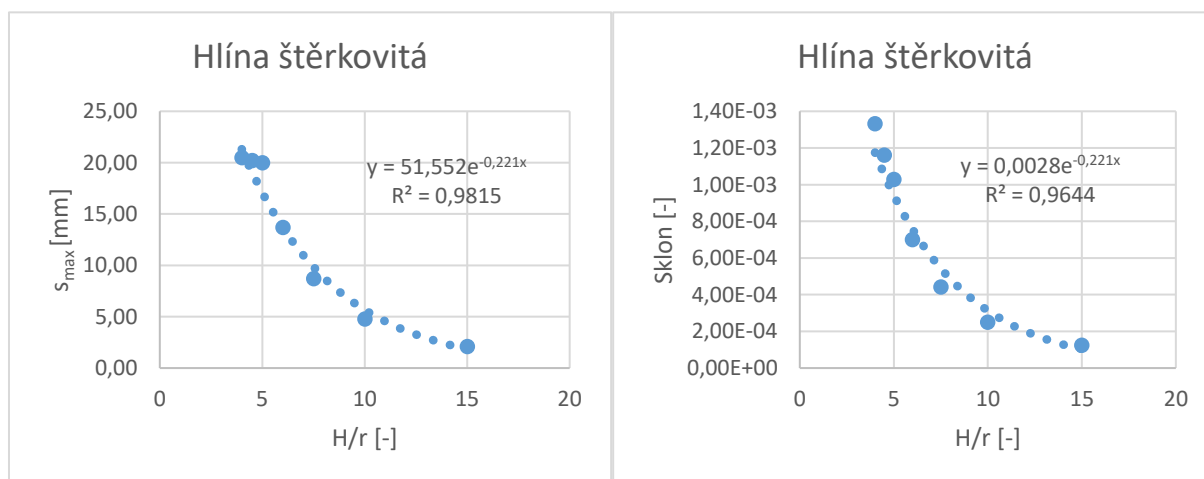
Zemina	Třída	Symbol	ν [-]	β [-]	E_{def} [MPa]	E_{oed} [MPa]	γ [kN·m ⁻³]	ϕ [°]	k_{inf} [-]
Jíl štěrkovitý	F2	CG	0,35	0,62	11	17,65	19,5	27	2,5
Jíl písčitý	F4	CS	0,35	0,62	5	8,02	18,5	24,5	2,5
Jíl s vysokou plasticitou	F8	CH	0,42	0,39	3	7,66	20,5	15	2,1
Hlína štěrkovitá	F1	MG	0,35	0,62	15	24,07	19	29	2,5
Hlína písčitá	F3	MS	0,35	0,62	6	9,63	18	26,5	2,5
Hlína s vysokou plastic.	F7	MH	0,4	0,47	4	8,57	21	17	2,1
Štěrč jílovitý	G5	GC	0,3	0,74	50	67,31	19,5	30	3,0
Štěrč dobře zrněný	G1	GW	0,2	0,9	320	355,56	21	38,5	3,5
Písek jílovitý	S5	SC	0,35	0,62	8	12,84	18,5	27	3,0
Písek dobře zrněný	S1	SW	0,28	0,78	45	57,53	20	36,5	3,0

5.2.1. Klasická teorie – Limanov–Gauss: výpočet maximálního poklesu a sklonu

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro štěrkovitou hlínu stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 13. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro štěrkovitou hlínu, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 24.

Tabulka 13: Hlína štěrkovitá – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F1	12	3	4	20,50	1,33E-03	9,30
	13,5	3	4,5	20,20	1,16E-03	10,53
	15	3	5	20,00	1,03E-03	11,76
	15	2,5	6	13,70	7,02E-04	11,73
	15	2	7,5	8,70	4,42E-04	11,89
	15	1,5	10	4,80	2,50E-04	11,94
	15	1	15	2,10	1,25E-04	11,97

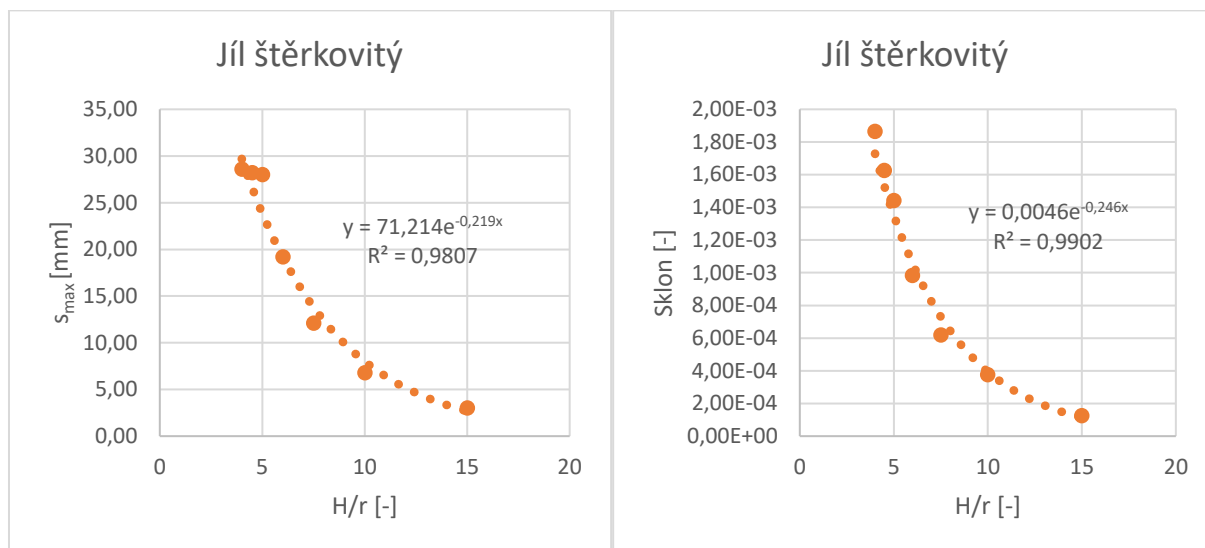


Obrázek 24: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitou hlínu (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro štěrkovitý jíl stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 14. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro štěrkovitý jíl, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 25.

Tabulka 14: Jíl štěrkovitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F2	12	3	4	28,60	1,87E-03	9,30
	13,5	3	4,5	28,20	1,63E-03	10,53
	15	3	5	28,00	1,44E-03	11,76
	15	2,5	6	19,20	9,82E-04	11,83
	15	2	7,5	12,10	6,19E-04	11,89
	15	1,5	10	6,80	3,75E-04	11,94
	15	1	15	3,00	1,25E-04	11,97

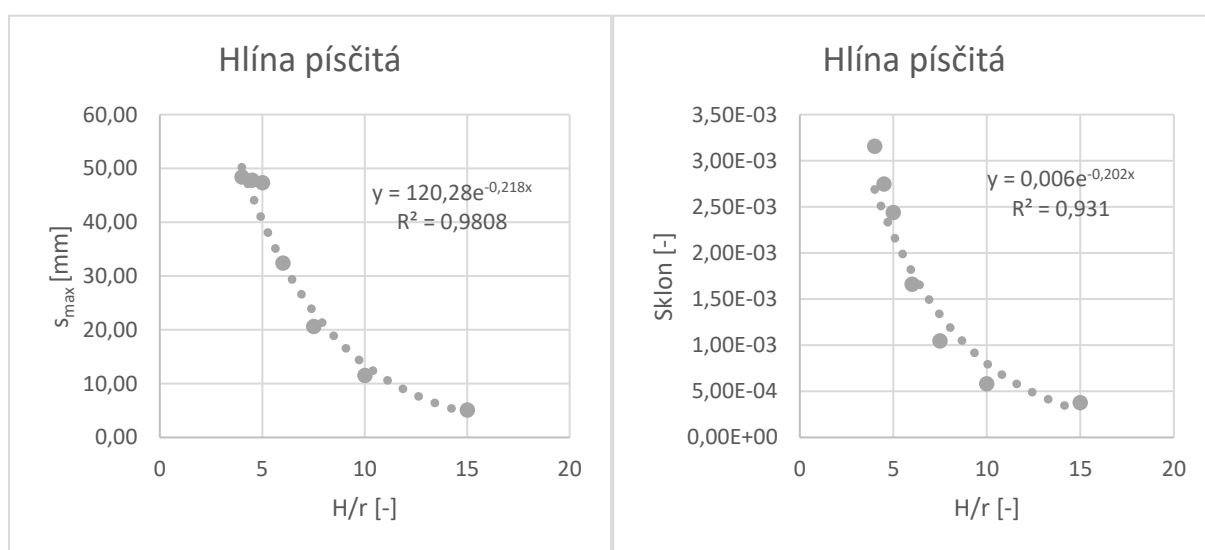


Obrázek 25: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro šterkovitý jíl (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro písčitou hlínu stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 15. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro písčitou hlínu, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 26.

Tabulka 15: Hlína písčitá – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
F3	12	3	4	48,40	3,15E-03	9,30
	13,5	3	4,5	47,80	2,75E-03	10,53
	15	3	5	47,30	2,44E-03	11,76
	15	2,5	6	32,40	1,66E-03	11,83
	15	2	7,5	20,60	1,05E-03	11,89
	15	1,5	10	11,50	5,82E-04	11,94
	15	1	15	5,10	3,75E-04	11,97

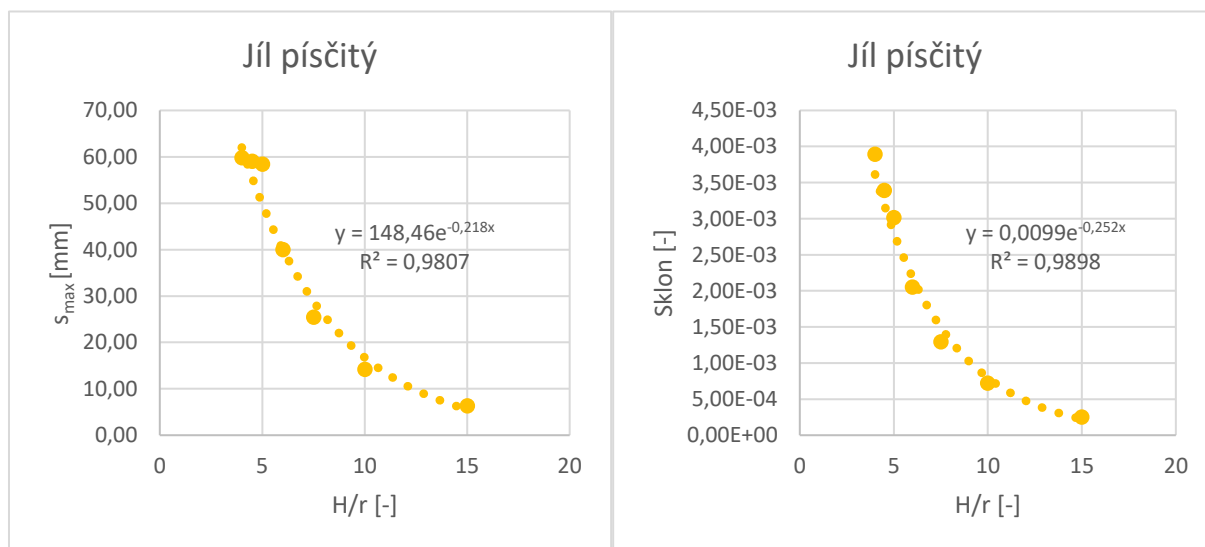


Obrázek 26: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčitou hlínu (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro písčité jíl stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 16. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro písčité jíl, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 27.

Tabulka 16: Jíl písčitý – hodnoty výpočtu

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F4	12	3	4	59,80	3,89E-03	9,30
	13,5	3	4,5	59,00	3,39E-03	10,53
	15	3	5	58,40	3,01E-03	11,76
	15	2,5	6	40,00	2,05E-03	11,83
	15	2	7,5	25,40	1,29E-03	11,89
	15	1,5	10	14,20	7,18E-04	11,94
	15	1	15	6,30	2,50E-04	11,97

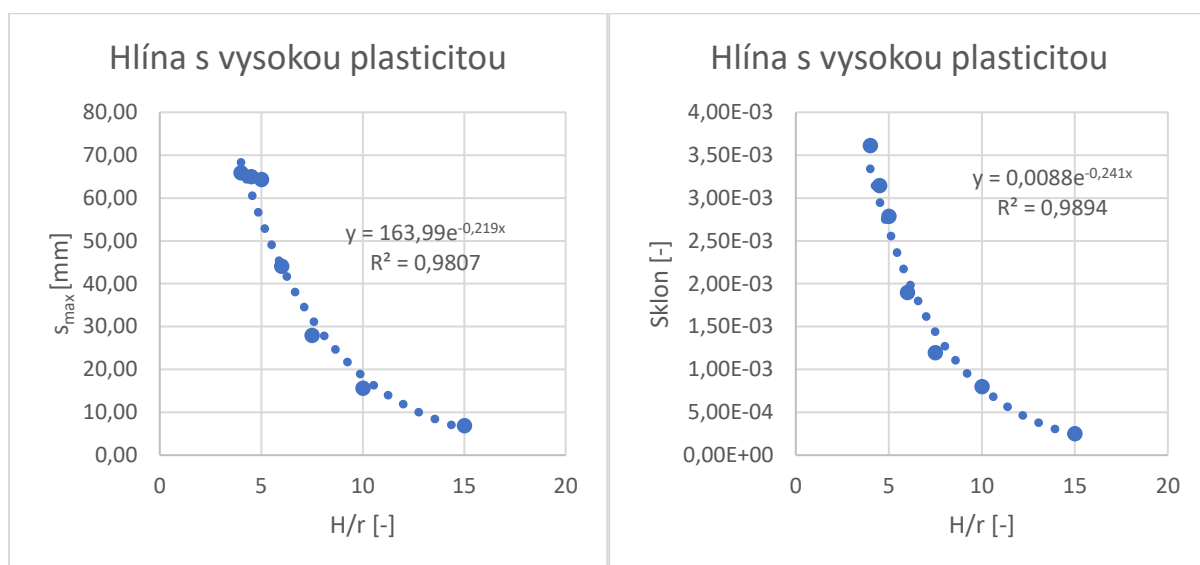


Obrázek 27: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčité jíl (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro hlínu s vysokou plasticitou stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 17. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro hlínu s vysokou plasticitou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 28.

Tabulka 17: Hlína s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F7	12	3	4	65,90	3,61E-03	11,07
	13,5	3	4,5	65,00	3,14E-03	12,54
	15	3	5	64,30	2,79E-03	14,00
	15	2,5	6	44,10	1,90E-03	14,09
	15	2	7,5	27,90	1,20E-03	14,16
	15	1,5	10	15,60	8,00E-04	14,21
	15	1	15	6,90	2,50E-04	14,25

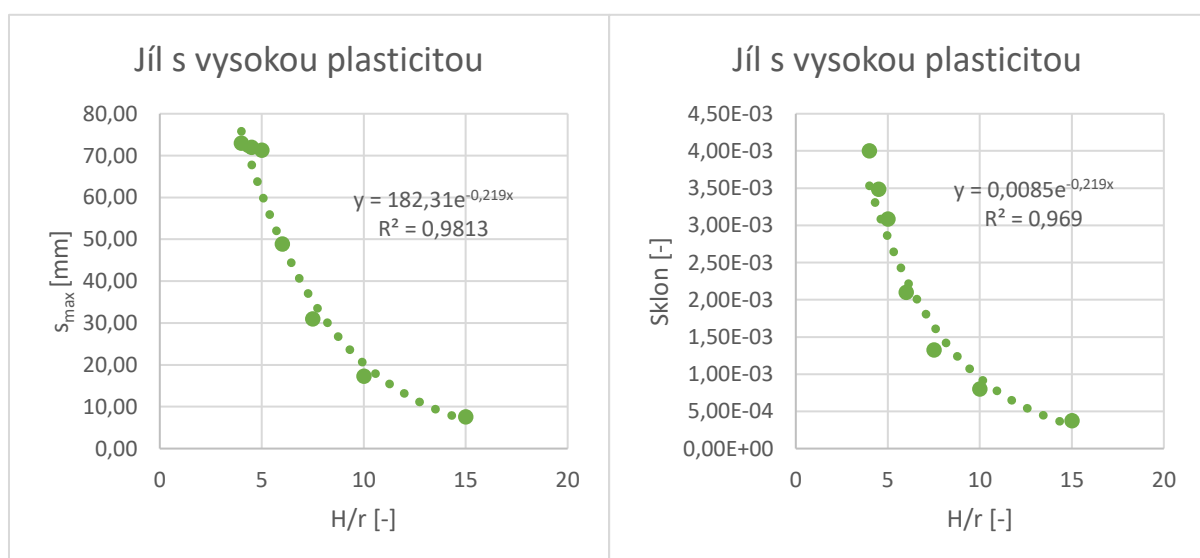


Obrázek 28: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro hlínu s vysokou plasticitou (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jíl s vysokou plasticitou stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 18. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jíl s vysokou plasticitou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 29.

Tabulka 18: Jíl s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
F8	12	3	4	73,00	4,00E-03	11,07
	13,5	3	4,5	72,00	3,48E-03	12,54
	15	3	5	71,30	3,09E-03	14,00
	15	2,5	6	48,90	2,10E-03	14,09
	15	2	7,5	31,00	1,32E-03	14,16
	15	1,5	10	17,30	8,00E-04	14,21
	15	1	15	7,60	3,75E-04	14,25

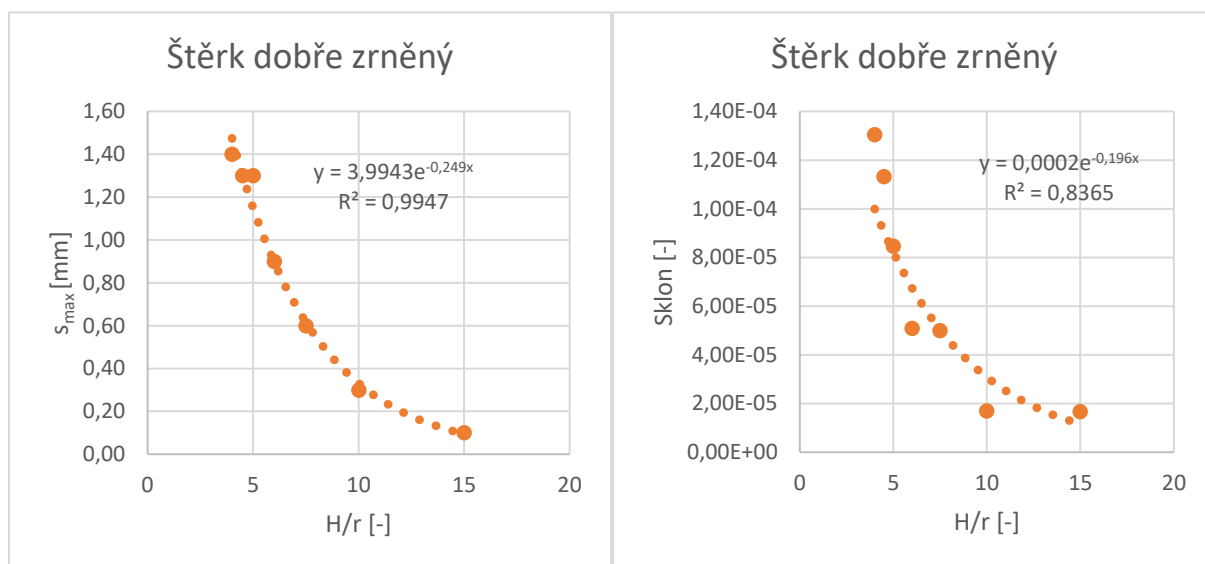


Obrázek 29: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jíl s vysokou plasticitou (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro dobře zrněný štěrk stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 19. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro dobře zrněný štěrk, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 30.

Tabulka 19: Štěrk dobře zrněný – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
G1	12	3	4	1,40	1,30E-04	6,64
	13,5	3	4,5	1,30	1,13E-04	7,52
	15	3	5	1,30	8,47E-05	8,40
	15	2,5	6	0,90	5,08E-05	8,45
	15	2	7,5	0,60	5,00E-05	8,49
	15	1,5	10	0,30	1,69E-05	8,53
	15	1	15	0,10	1,67E-05	8,55

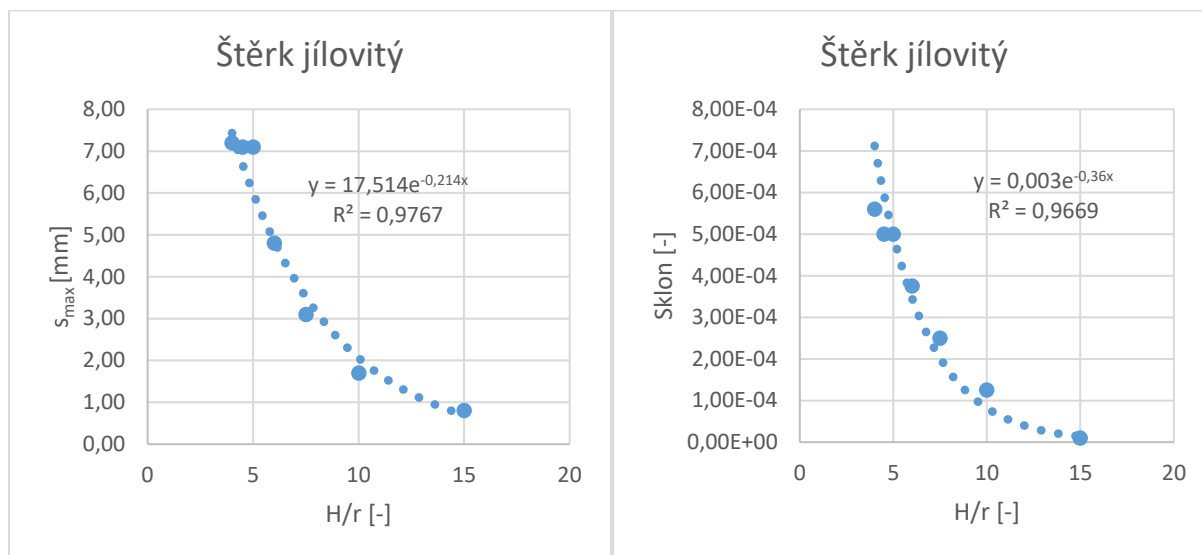


Obrázek 30: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný štěrk (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovitý štěrk stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 20. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovitý štěrk, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 31.

Tabulka 20: Štěrk jílovitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
G5	12	3	4	7,20	5,60E-04	7,75
	13,5	3	4,5	7,10	5,00E-04	8,77
	15	3	5	7,10	5,00E-04	9,80
	15	2,5	6	4,80	3,75E-04	9,86
	15	2	7,5	3,10	2,50E-04	9,91
	15	1,5	10	1,70	1,25E-04	9,95
	15	1	15	0,80	1,00E-05	9,98

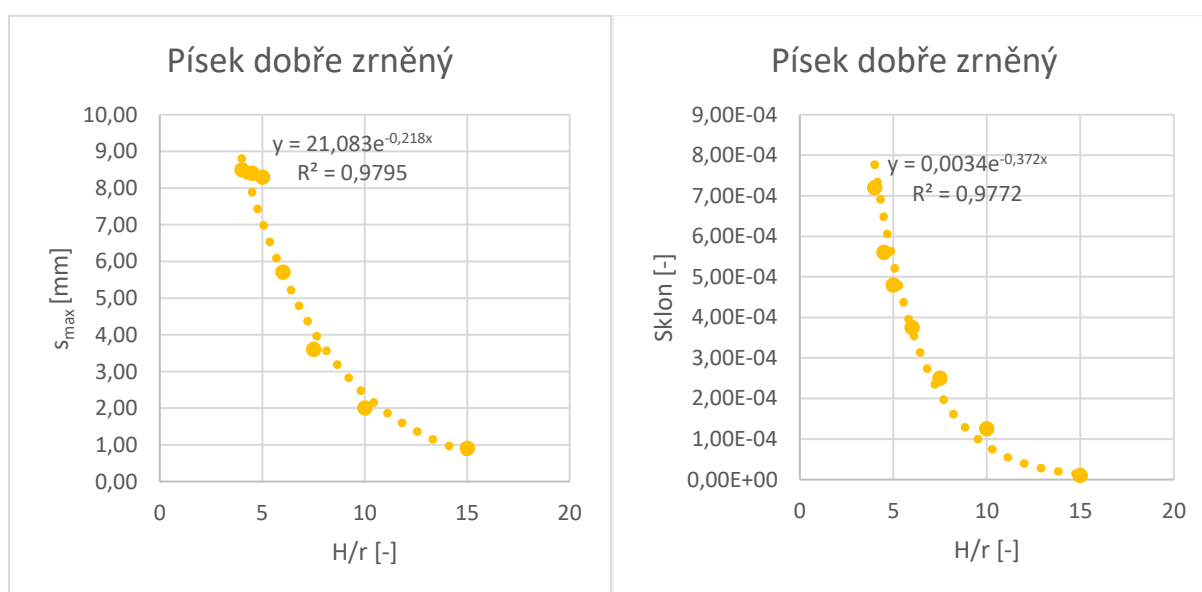


Obrázek 31: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý štěrk (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro dobře zrněný písek stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 21. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro dobře zrněný písek, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 32.

Tabulka 21: Písek dobře zrněný – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
S1	12	3	4	8,50	7,20E-04	7,75
	13,5	3	4,5	8,40	5,60E-04	8,77
	15	3	5	8,30	4,80E-04	9,80
	15	2,5	6	5,70	3,75E-04	9,86
	15	2	7,5	3,60	2,50E-04	9,91
	15	1,5	10	2,00	1,25E-04	9,95
	15	1	15	0,90	1,00E-05	9,98

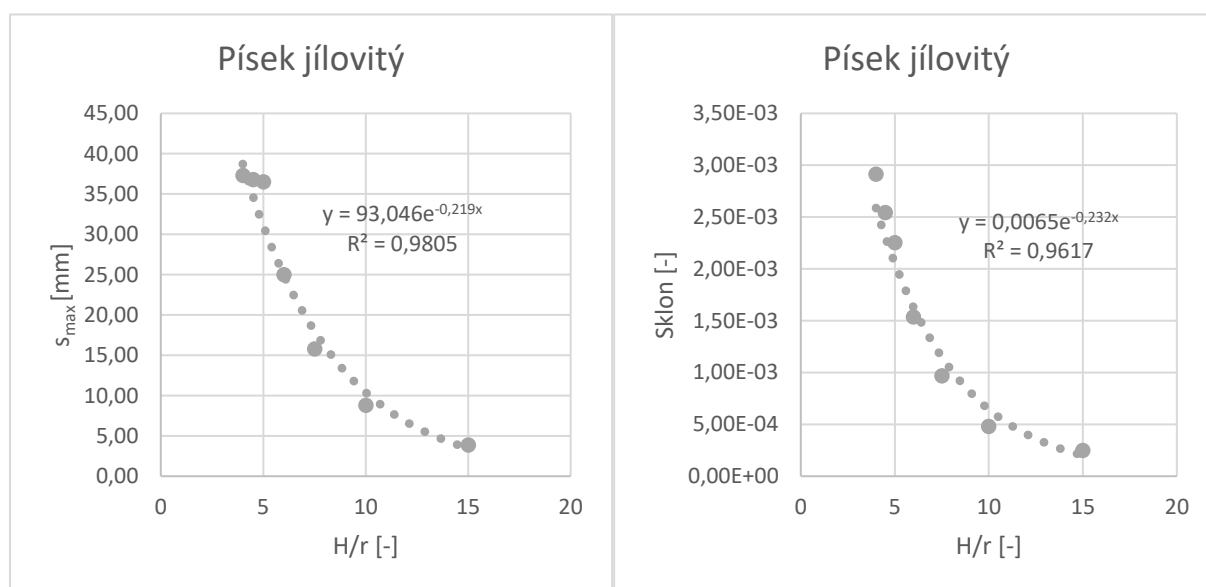


Obrázek 32: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný písek (Gauss)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovitý písek stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou jsou uvedeny v tab. 22. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovitý písek, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 33.

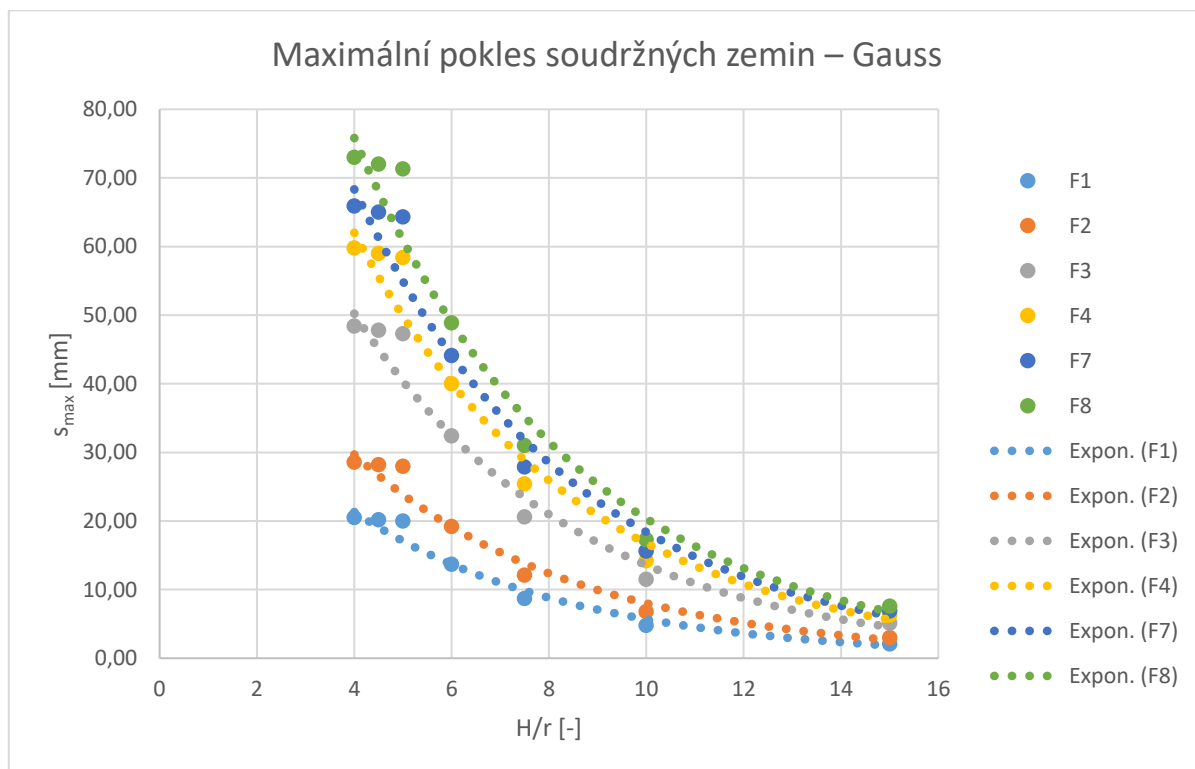
Tabulka 22: Písek jílovitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
S5	12	3	4	37,30	2,92E-03	7,75
	13,5	3	4,5	36,80	2,54E-03	8,77
	15	3	5	36,50	2,25E-03	9,80
	15	2,5	6	25,00	1,54E-03	9,86
	15	2	7,5	15,80	9,68E-04	9,91
	15	1,5	10	8,80	4,80E-04	9,95
	15	1	15	3,90	2,50E-04	9,98

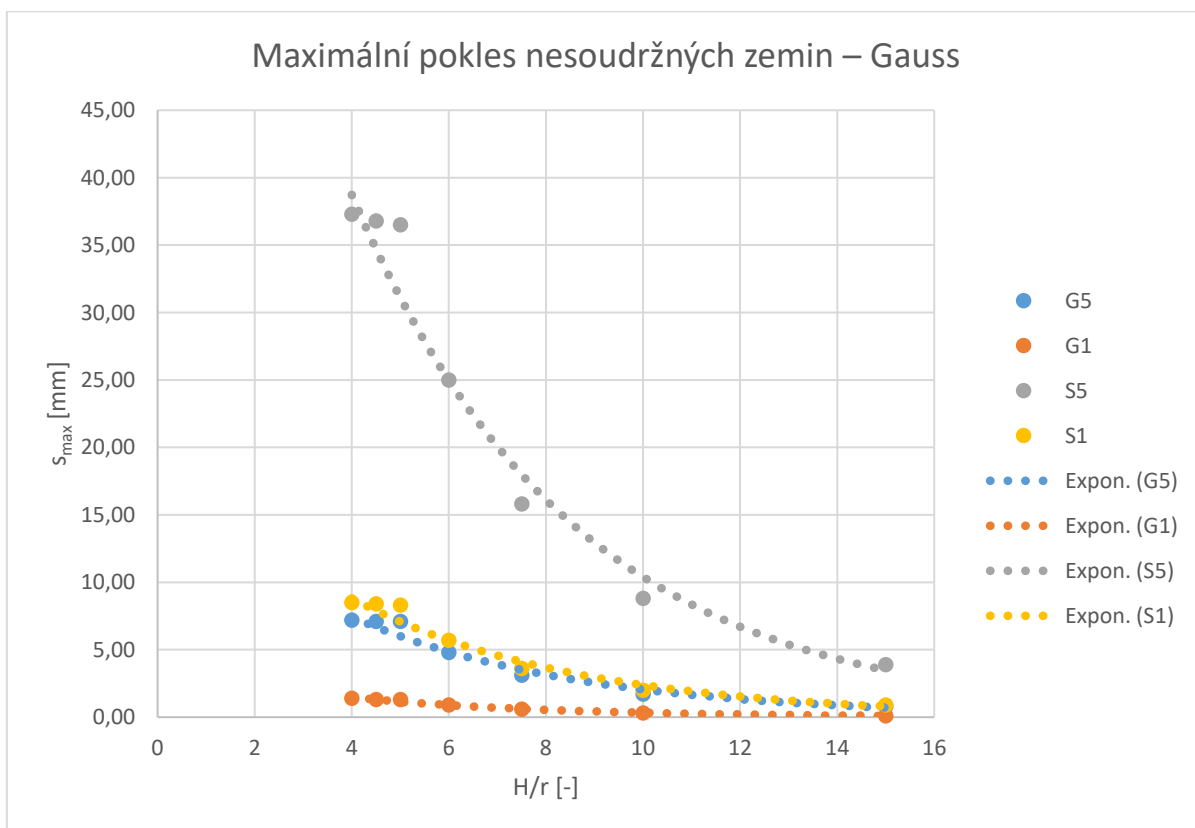


Obrázek 33: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý písek (Gauss)

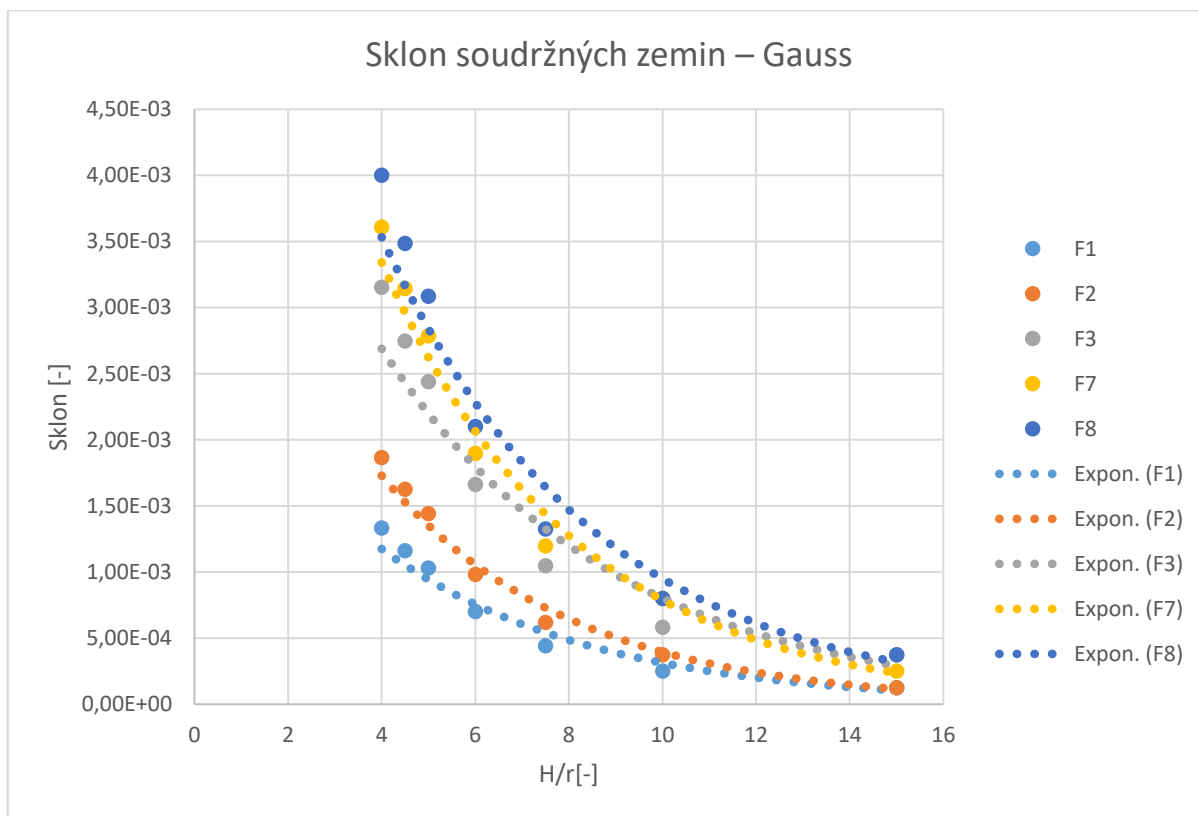
Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro všechny zkoumané soudržné zeminy stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Gaussovou křivkou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 34 a obr. 36. Pro všechny zkoumané nesoudržné zeminy jsou výsledné závislosti uvedeny na obr. 35 a obr. 37.



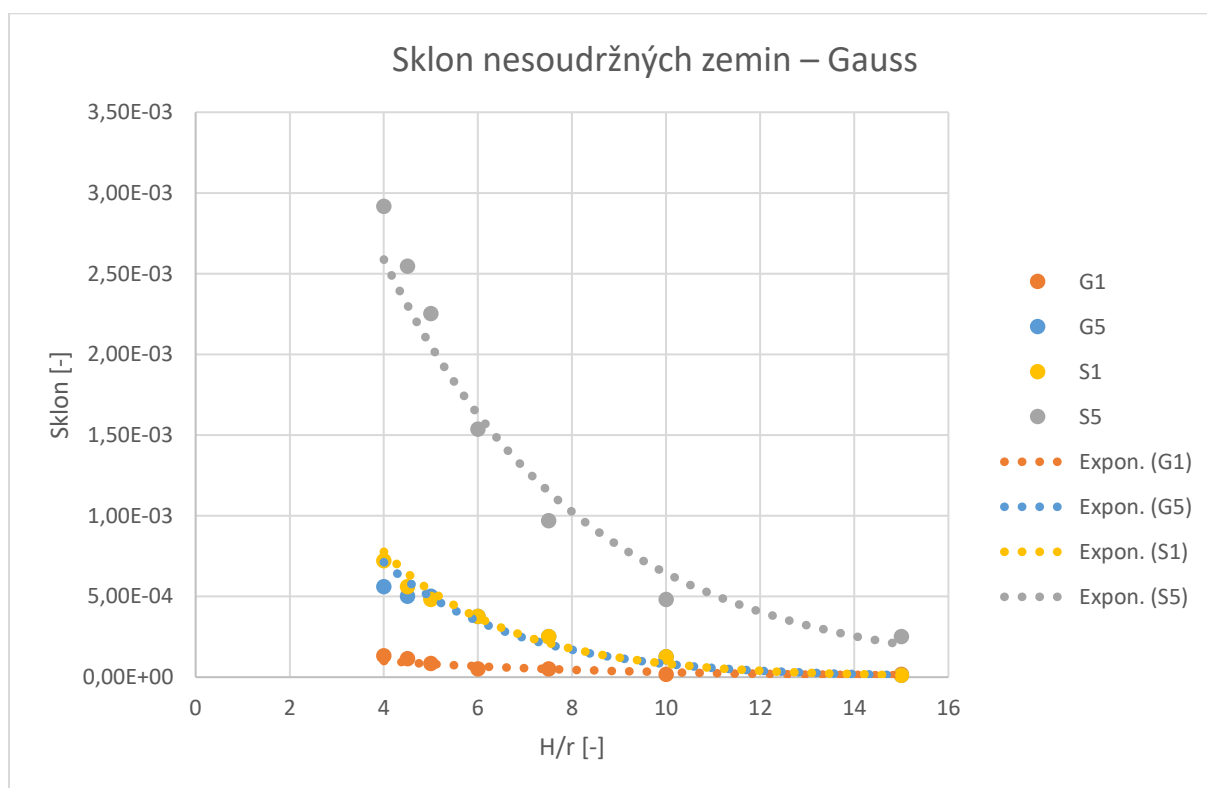
Obrázek 34: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Gausse



Obrázek 35: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Gausse



Obrázek 36: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r zkoumané soudržné zeminy dle Gausse



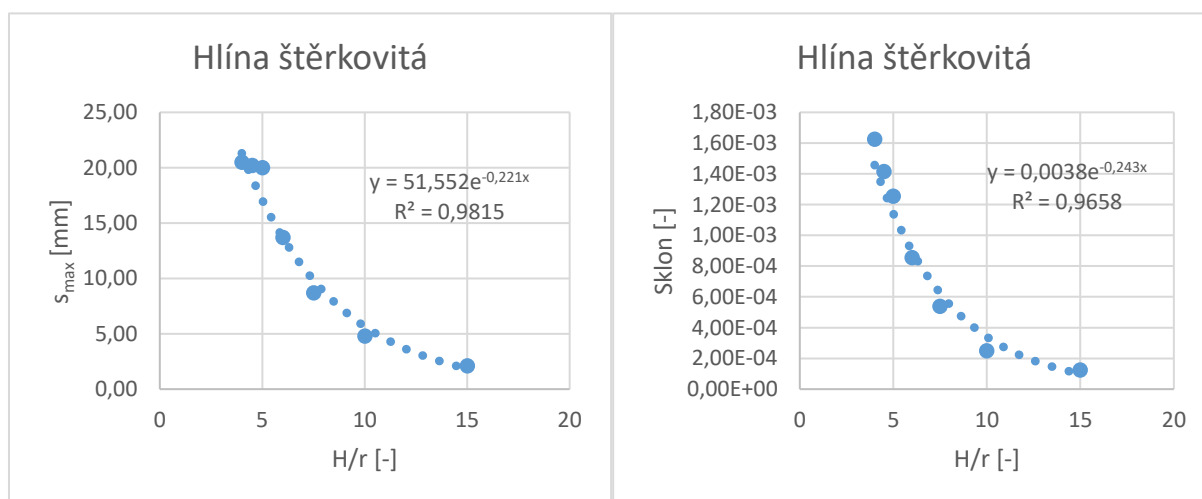
Obrázek 37: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Gausse

5.2.2. Klasická teorie – Limanov–Averšin: výpočet maximálního poklesu a sklonu

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro štěrkovitou hlínu stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 23. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro štěrkovitou hlínu, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 38.

Tabulka 23: Hlína štěrkovitá – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F1	12	3	4	20,50	1,63E-03	9,30
	13,5	3	4,5	20,20	1,41E-03	10,53
	15	3	5	20,00	1,25E-03	11,76
	15	2,5	6	13,70	8,55E-04	11,83
	15	2	7,5	8,70	5,39E-04	11,89
	15	1,5	10	4,80	2,50E-04	11,94
	15	1	15	2,10	1,25E-04	11,97

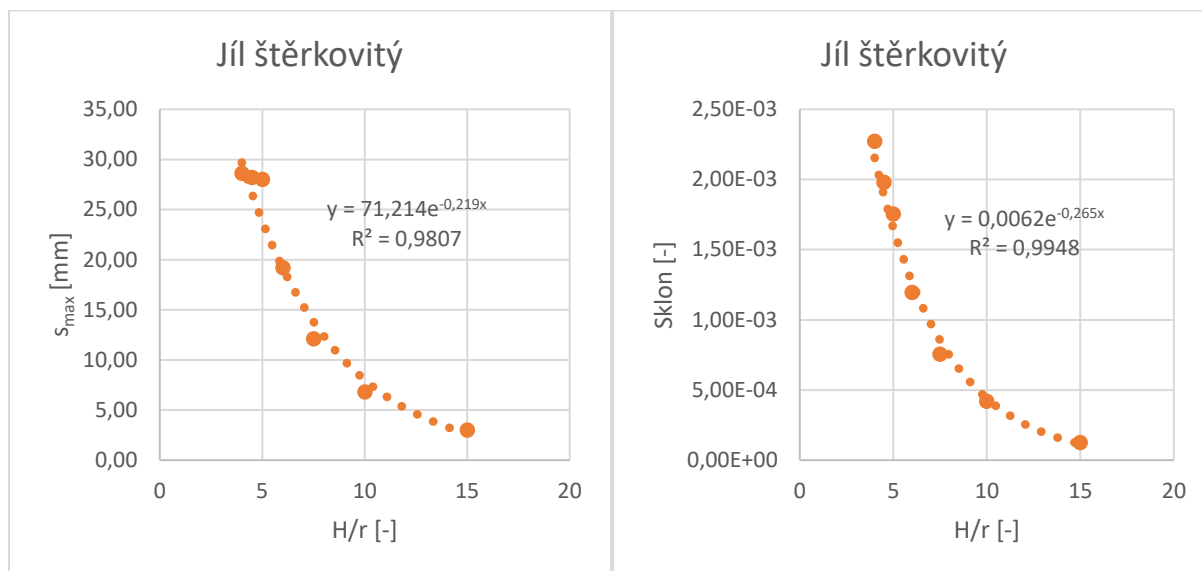


Obrázek 38: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitou hlínu (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro štěrkovitý jíl stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 24. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro štěrkovitý jíl, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 39.

Tabulka 24: Jíl štěrkovitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F2	12	3	4	28,60	2,27E-03	9,30
	13,5	3	4,5	28,20	1,98E-03	10,53
	15	3	5	28,00	1,75E-03	11,76
	15	2,5	6	19,20	1,20E-03	11,83
	15	2	7,5	12,10	7,54E-04	11,89
	15	1,5	10	6,80	4,19E-04	11,94
	15	1	15	3,00	1,25E-04	11,97

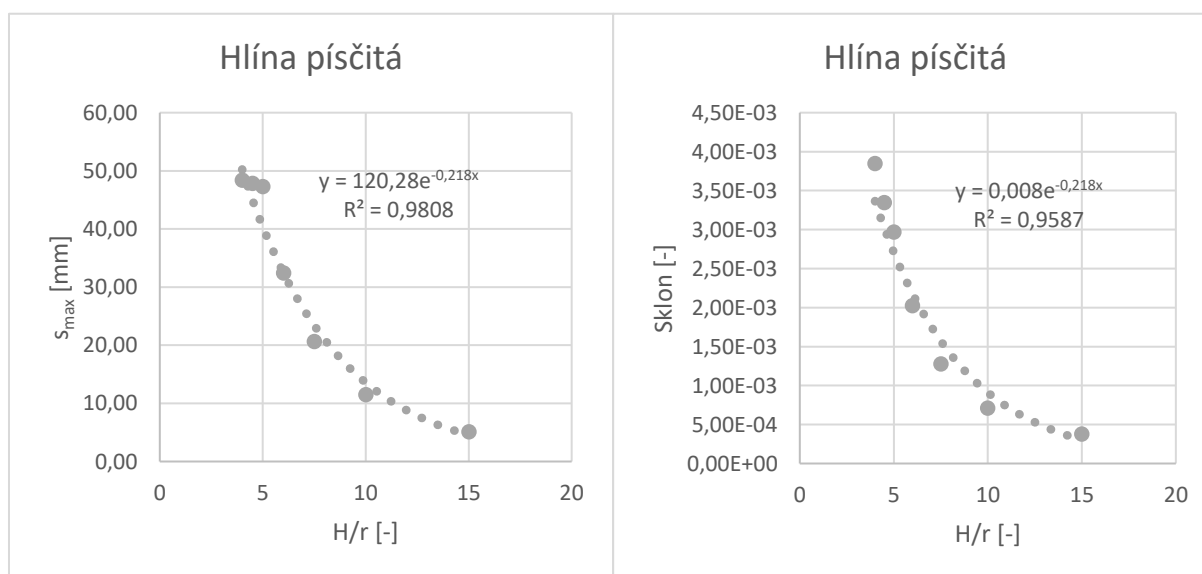


Obrázek 39: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro štěrkovitý jíl (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro písčitou hlínu stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšínovou křivkou jsou uvedeny v tab. 25. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro písčitou hlínu, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 40.

Tabulka 25: Hlína písčitá – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
F3	12	3	4	48,40	3,85E-03	9,30
	13,5	3	4,5	47,80	3,34E-03	10,53
	15	3	5	47,30	2,97E-03	11,76
	15	2,5	6	32,40	2,02E-03	11,83
	15	2	7,5	20,60	1,28E-03	11,89
	15	1,5	10	11,50	7,09E-04	11,94
	15	1	15	5,10	3,75E-04	11,97

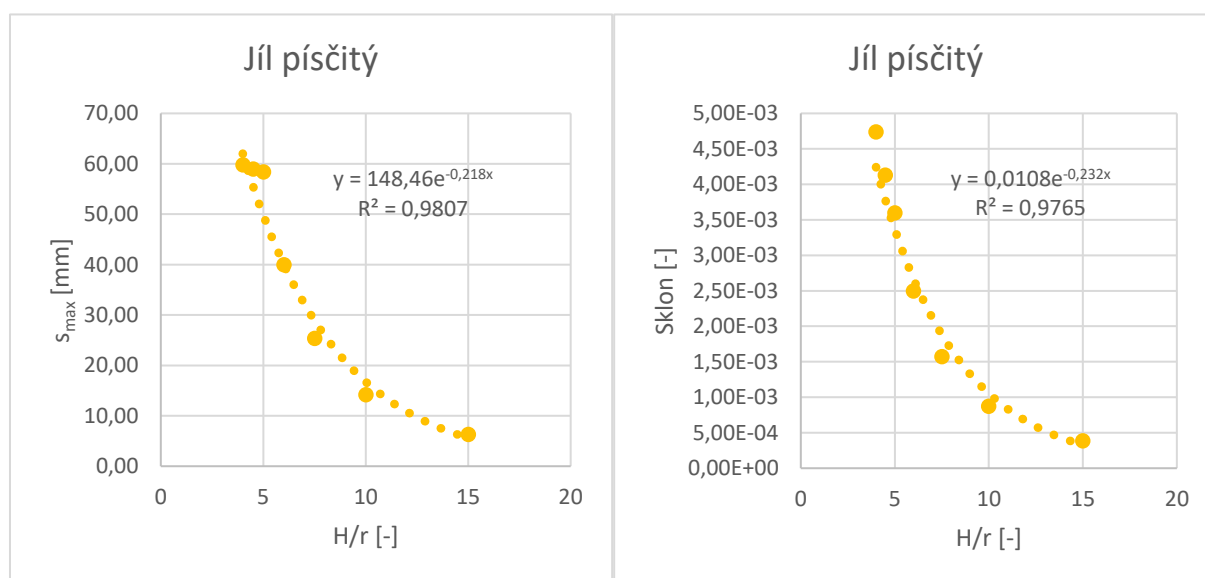


Obrázek 40: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčitou hlínu (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro písčité jíl stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 26. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro písčité jíl, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 41.

Tabulka 26: Jíl písčitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F4	12	3	4	59,80	4,74E-03	9,30
	13,5	3	4,5	59,00	4,13E-03	10,53
	15	3	5	58,40	3,60E-03	11,76
	15	2,5	6	40,00	2,50E-03	11,83
	15	2	7,5	25,40	1,57E-03	11,89
	15	1,5	10	14,20	8,75E-04	11,94
	15	1	15	6,30	3,86E-04	11,97

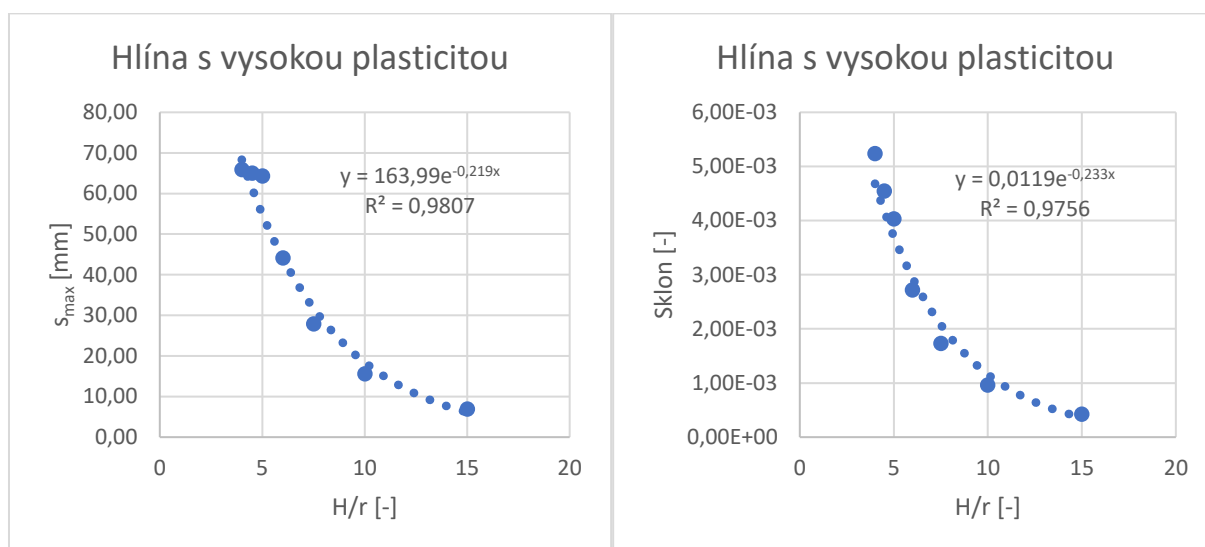


Obrázek 41: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro písčité jíl (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro hlínu s vysokou plasticitou stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 27. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro hlínu s vysokou plasticitou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 42.

Tabulka 27: Hlína s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s _{max} [mm]	sklon [-]	L _{inf} [m]
F7	12	3	4	65,90	5,24E-03	11,07
	13,5	3	4,5	65,00	4,55E-03	12,54
	15	3	5	64,30	4,03E-03	14,00
	15	2,5	6	44,10	2,72E-03	14,09
	15	2	7,5	27,90	1,73E-03	14,16
	15	1,5	10	15,60	9,64E-04	14,21
	15	1	15	6,90	4,25E-04	14,25

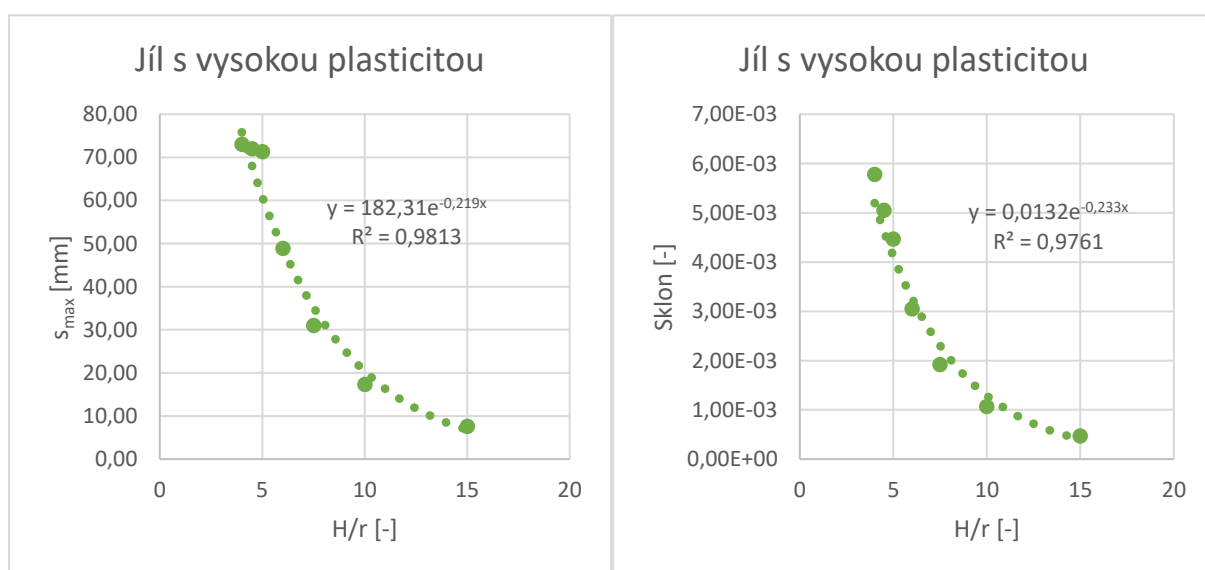


Obrázek 42: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro hlinu s vysokou plasticitou (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jíl s vysokou plasticitou stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšínovou křivkou jsou uvedeny v tab. 28. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jíl s vysokou plasticitou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 43.

Tabulka 28: Jíl s vysokou plasticitou – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{inf} [m]
F8	12	3	4	73,00	5,78E-03	11,07
	13,5	3	4,5	72,00	5,05E-03	12,54
	15	3	5	71,30	4,46E-03	14,00
	15	2,5	6	48,90	3,05E-03	14,09
	15	2	7,5	31,00	1,92E-03	14,16
	15	1,5	10	17,30	1,07E-03	14,21
	15	1	15	7,60	4,71E-04	14,25

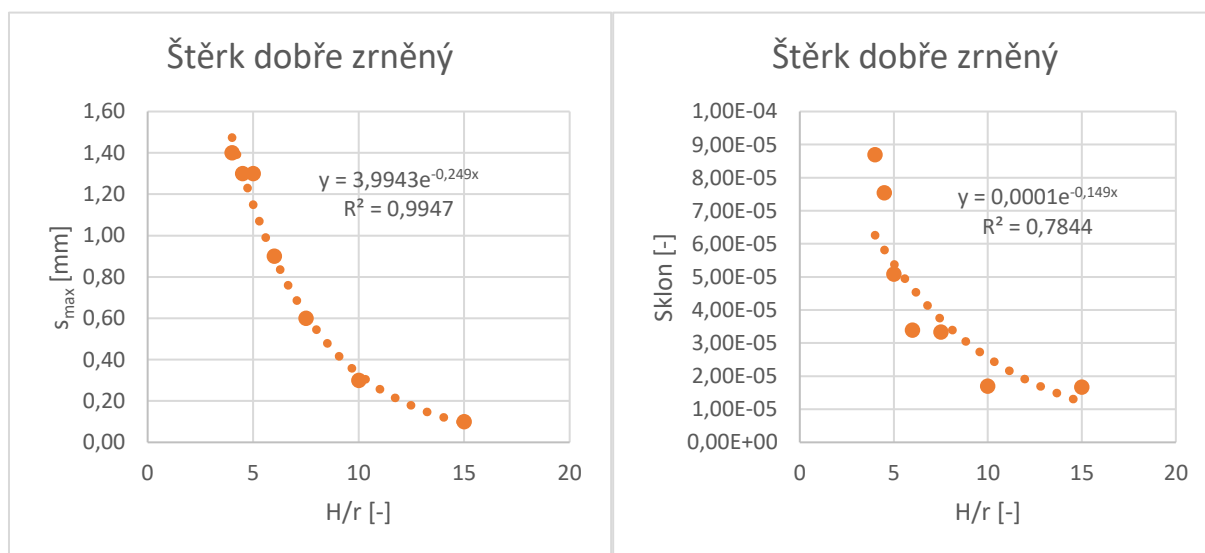


Obrázek 43: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jíl s vysokou plasticitou (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro dobře zrněný štěrk stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 29. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro dobře zrněný štěrk, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 44.

Tabulka 29: Štěrk dobře zrněný – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
G1	12	3	4	1,40	8,70E-05	6,64
	13,5	3	4,5	1,30	7,55E-05	7,52
	15	3	5	1,30	5,08E-05	8,40
	15	2,5	6	0,90	3,39E-05	8,45
	15	2	7,5	0,60	3,33E-05	8,49
	15	1,5	10	0,30	1,69E-05	8,53
	15	1	15	0,10	1,67E-05	8,55

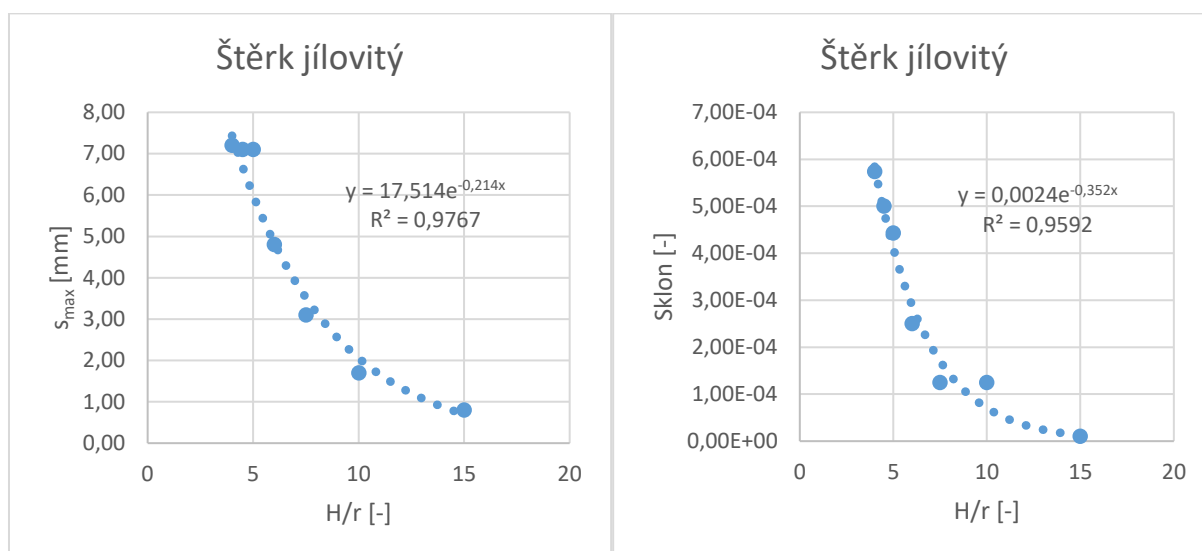


Obrázek 44: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný štěrk (Averšin)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovitý štěrk stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 30. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovitý štěrk, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 45.

Tabulka 30: Štěrk jílovitý – hodnoty výpočtu

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
G5	12	3	4	7,20	5,74E-04	7,75
	13,5	3	4,5	7,10	5,00E-04	8,77
	15	3	5	7,10	4,43E-04	9,80
	15	2,5	6	4,80	2,50E-04	9,86
	15	2	7,5	3,10	1,25E-04	9,91
	15	1,5	10	1,70	1,25E-04	9,95
	15	1	15	0,80	1,00E-05	9,98

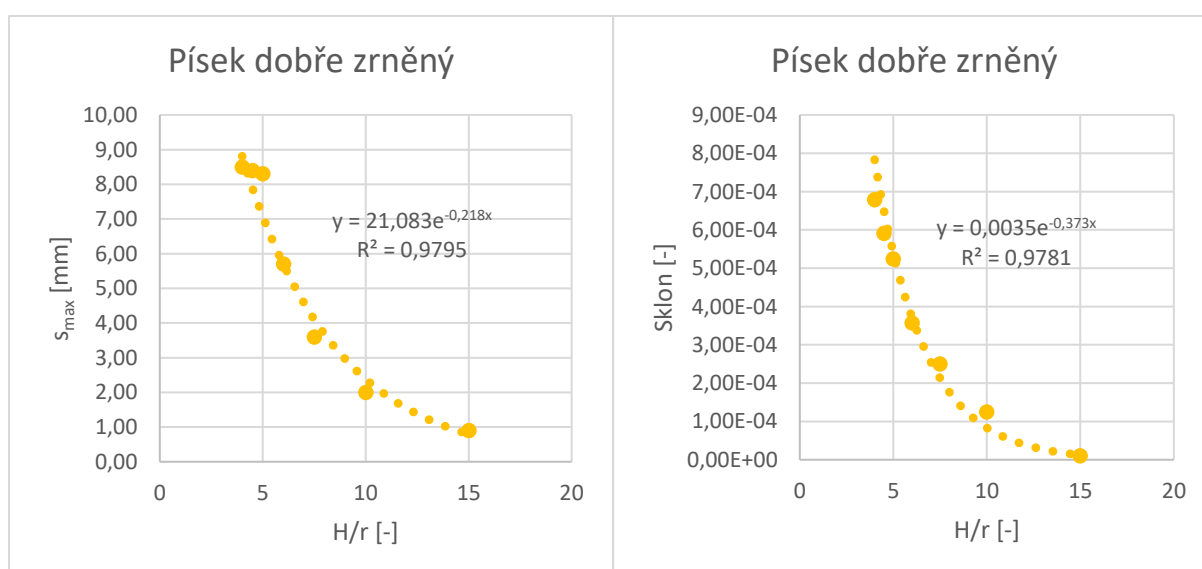


Obrázek 45: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý štěrk (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro dobře zrněný písek stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšínovou křivkou jsou uvedeny v tab. 31. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro dobře zrněný písek, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 46.

Tabulka 31: Písek dobře zrněný – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	$s_{\max} [\text{mm}]$	sklon [-]	$L_{\text{inf}} [\text{m}]$
S1	12	3	4	8,50	6,78E-04	7,75
	13,5	3	4,5	8,40	5,91E-04	8,77
	15	3	5	8,30	5,24E-04	9,80
	15	2,5	6	5,70	3,57E-04	9,86
	15	2	7,5	3,60	2,50E-04	9,91
	15	1,5	10	2,00	1,25E-04	9,95
	15	1	15	0,90	1,00E-05	9,98

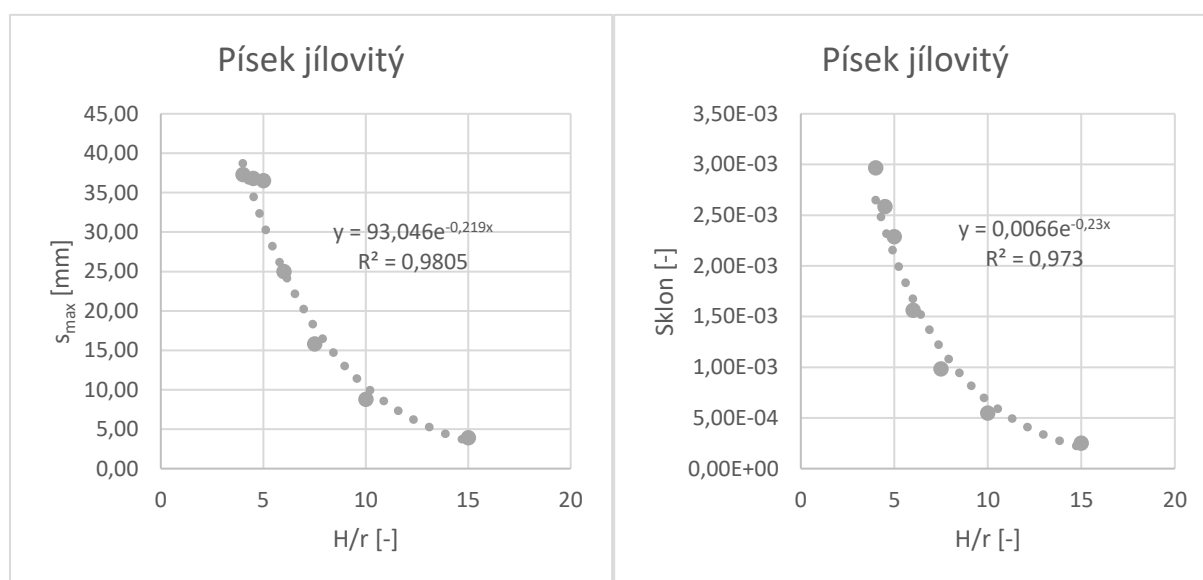


Obrázek 46: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro dobře zrněný písek (Averšín)

Hodnoty maximálního poklesu, sklonu poklesové kotliny a polohy inflexního bodu pro jílovitý písek stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou jsou uvedeny v tab. 32. Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro jílovitý písek, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 47.

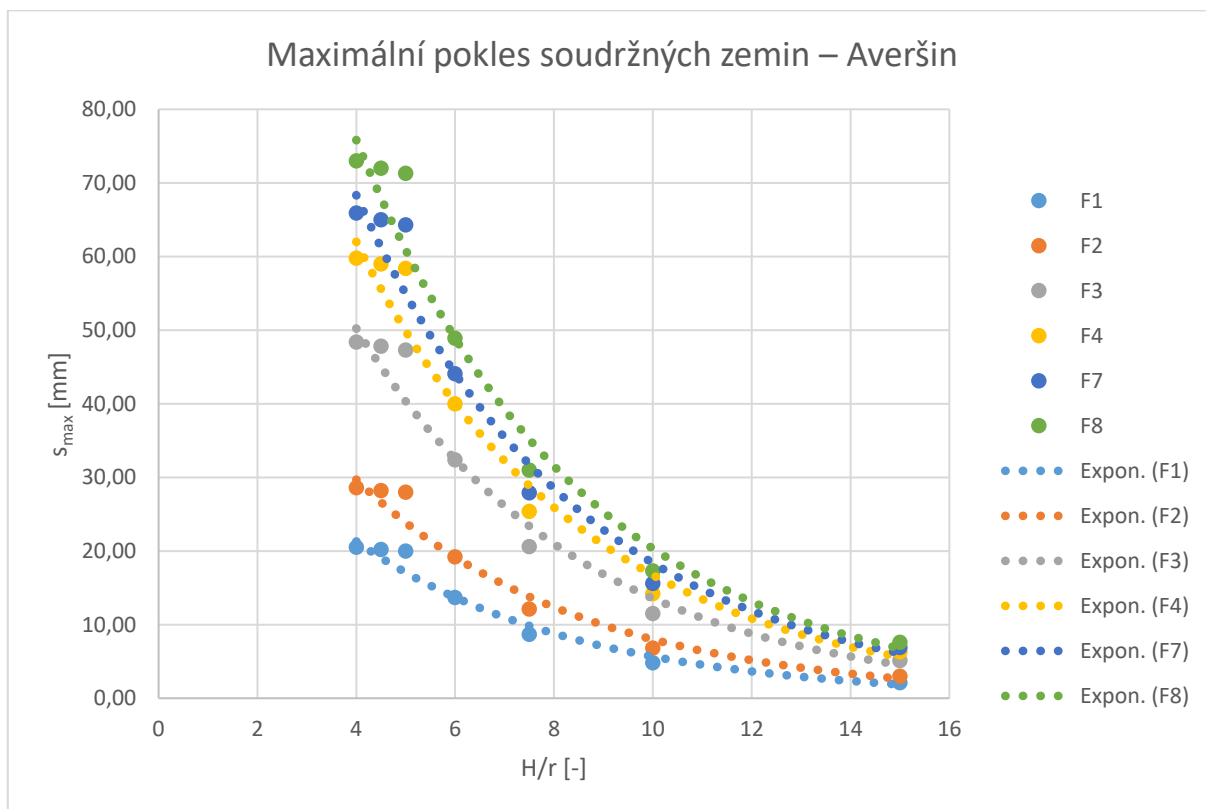
Tabulka 32: Písek jílovitý – vstupní hodnoty

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	s_{\max} [mm]	sklon [-]	L_{\inf} [m]
S5	12	3	4	37,30	2,97E-03	7,75
	13,5	3	4,5	36,80	2,58E-03	8,77
	15	3	5	36,50	2,29E-03	9,80
	15	2,5	6	25,00	1,56E-03	9,86
	15	2	7,5	15,80	9,83E-04	9,91
	15	1,5	10	8,80	5,46E-04	9,95
	15	1	15	3,90	2,50E-04	9,98

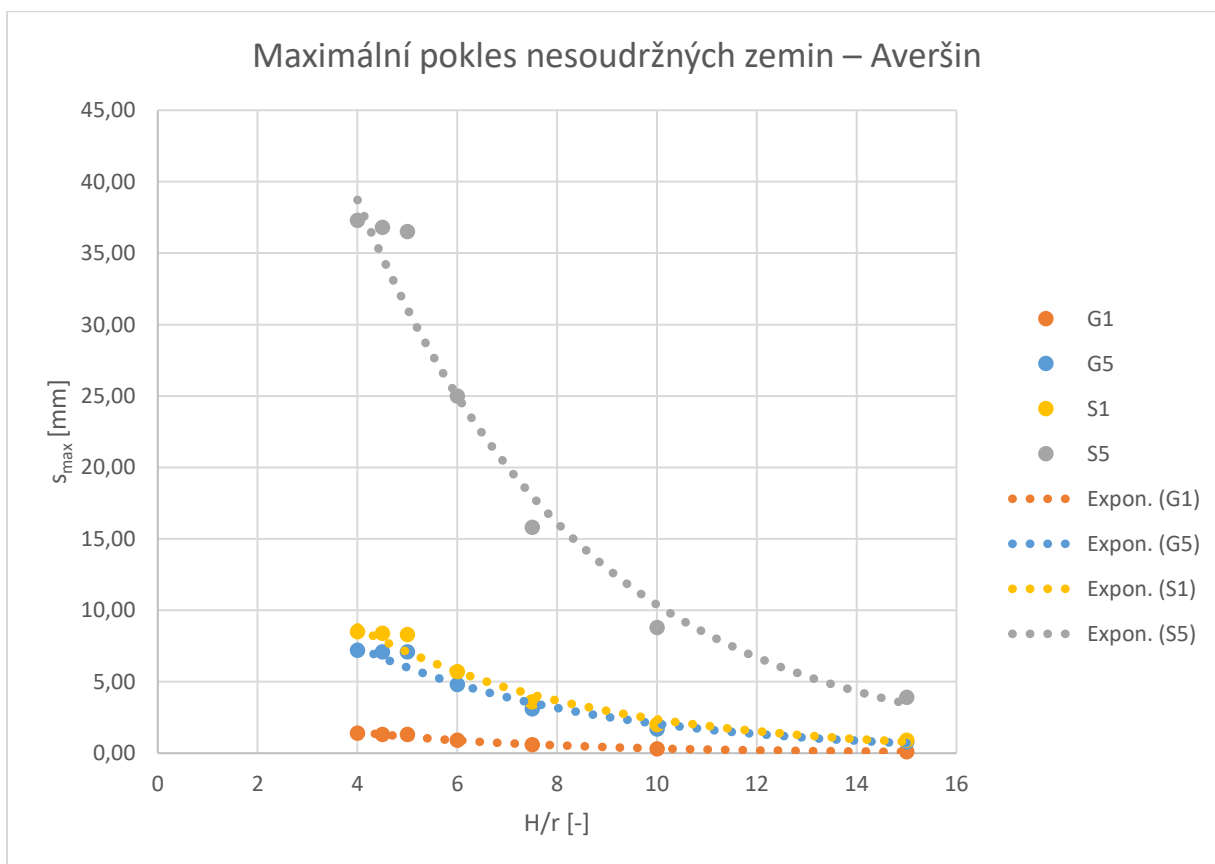


Obrázek 47: Závislost maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro jílovitý písek (Averšin)

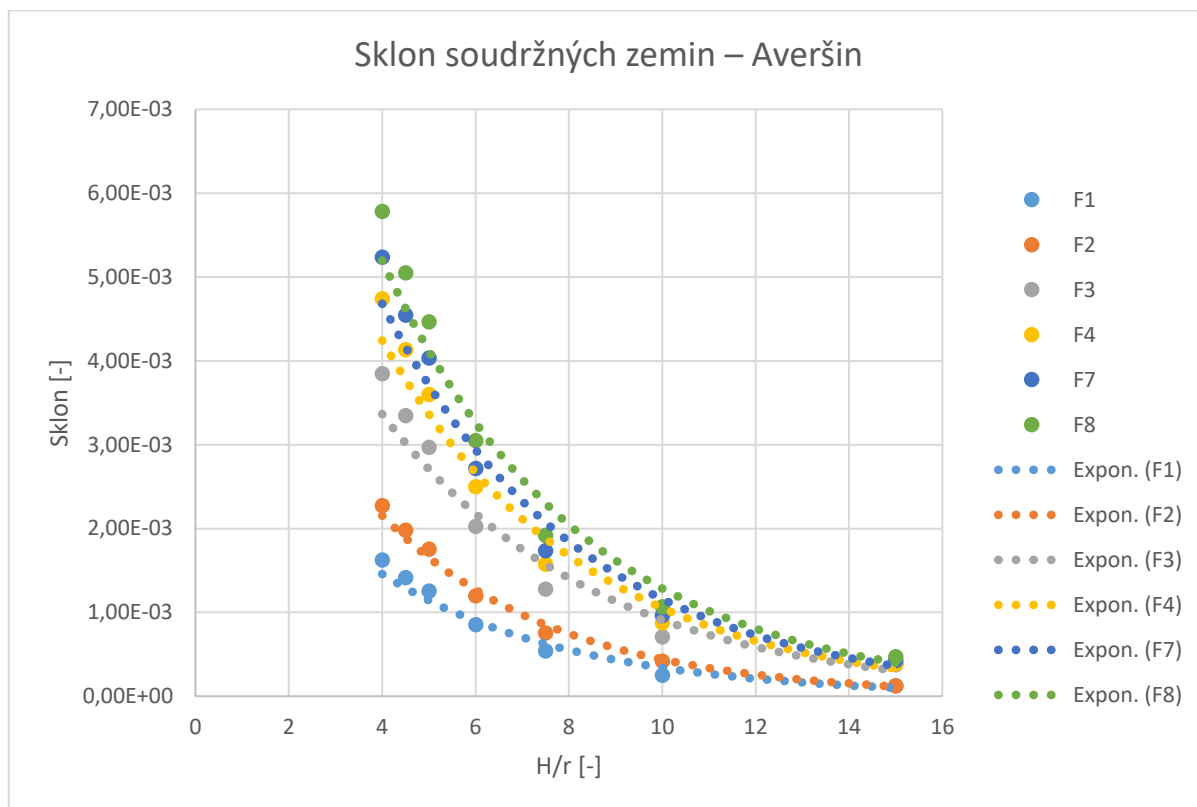
Vyhodnocené závislosti maximálního poklesu a sklonu poklesové kotliny na poměru $\frac{H}{r}$ pro všechny zkoumané soudržné zeminy stanovené na základě metody klasické teorie a za předpokladu popisu poklesové kotliny Averšinovou křivkou, včetně proložených regresních křivek, jsou uvedeny na obr. 48 a obr. 50. Pro všechny zkoumané nesoudržné zeminy jsou výsledné závislosti uvedeny na obr. 49 a obr. 51.



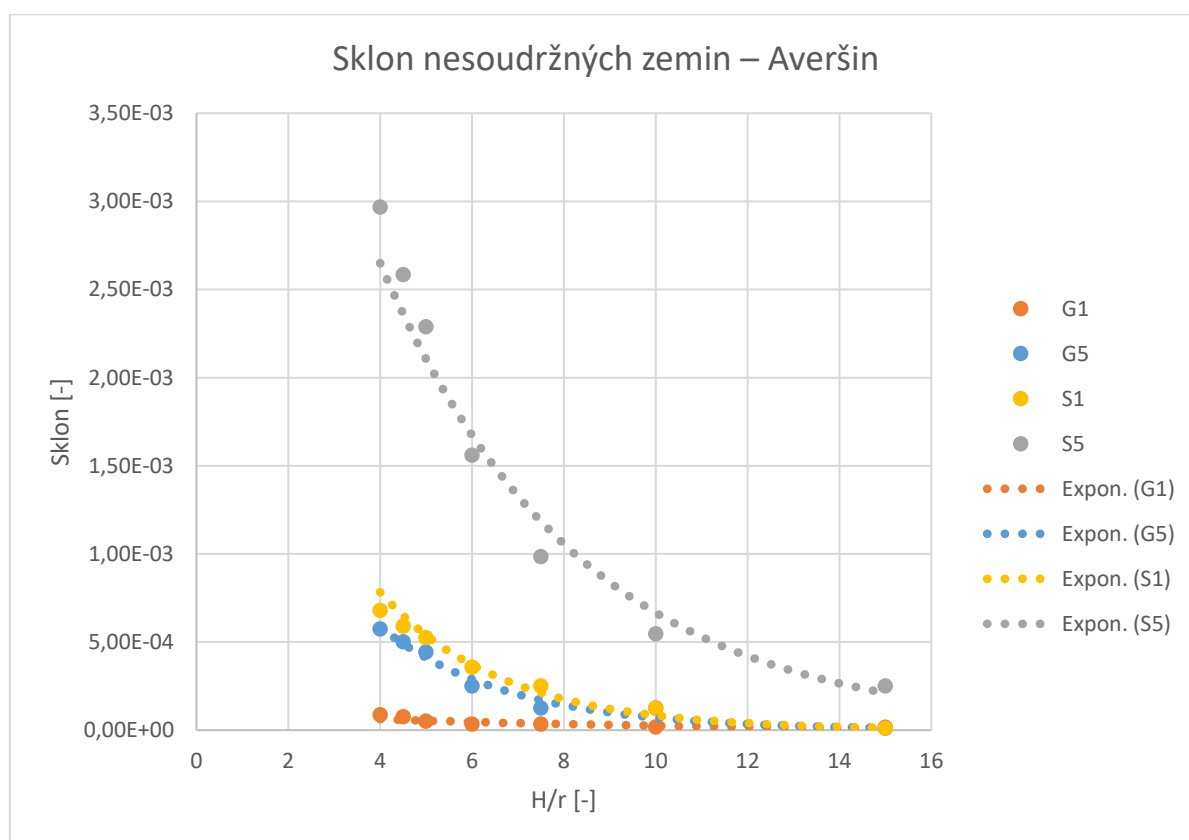
Obrázek 48: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Averšína



Obrázek 49: Závislost maximálního poklesu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Avešína



Obrázek 50: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané soudržné zeminy dle Averšína



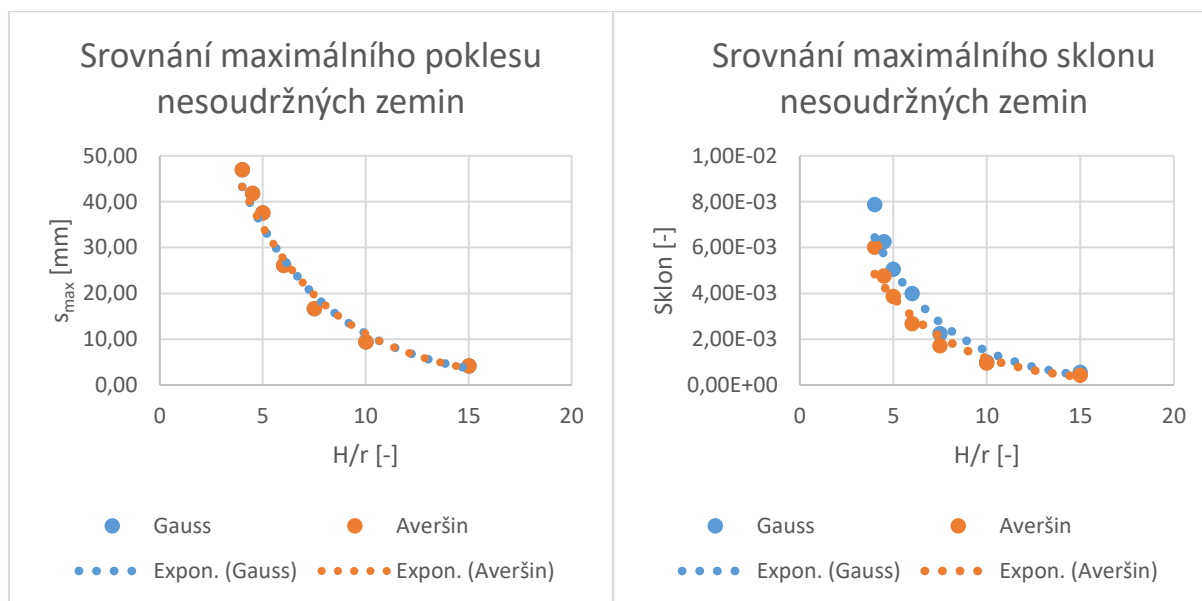
Obrázek 51: Závislost maximálního sklonu poklesové kotliny na poměru H/r pro zkoumané nesoudržné zeminy dle Averšína

6. Závěr

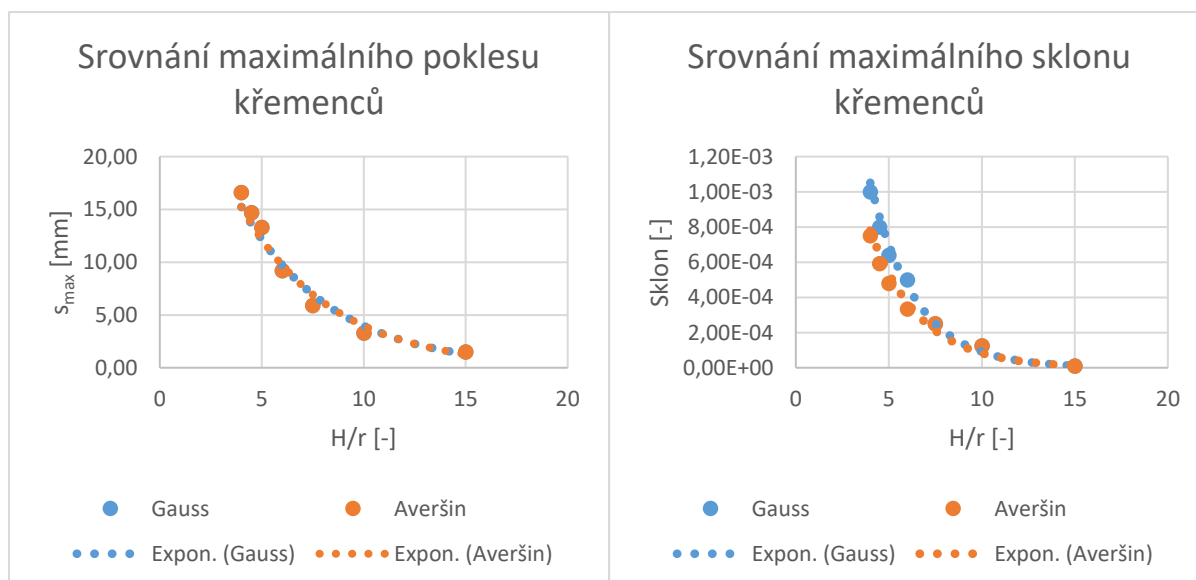
6.1. Teorie ztráty objemu

Na základě provedených výpočtů byl stanoven maximální pokles (obr. 12 a obr. 19). Z výsledných grafů vyplývá, že největší pokles nastane u nesoudržných zemin a nejmenší pak u křemenců. Shodně tomu tak je i u sklonů (obr. 13 a obr. 20), tedy největší sklon v inflexním bodě nastává u nesoudržných zemin, nejmenší pak u křemenců.

Po srovnání jednotlivých zemin bylo provedeno srovnání obou křivek dle Gausse a Averšina u vybraných zemin (obr. 52 a obr. 53). Těmito zeminami byly nesoudržné zeminy a křemence, a to proto, že u těchto dvou zemin hodnoty maximálního sednutí a sklonu nabývají v rámci všech analyzovaných zemin extrémních hodnot.



Obrázek 52: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu u nesoudržných zemin



Obrázek 53: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu u křemenců

Na základě provedených výpočtů bylo zjištěno, že rozdíl mezi křivkami dle Gausse a Aversina spočívá ve sklonu a vodorovné deformaci, tyto rozdíly však dosahují hodnot max. do 20 procent. Se vzrůstající hodnotou $\frac{H}{r}$ se rozdíl prakticky eliminuje. Ostatní naměřené hodnoty, tedy maximální pokles, vzdálenost inflexního bodu aj., jsou pro obě křivky shodné.

Dále byl na základě provedených výpočtů stanoven trend, kdy se s rostoucím poměrem $\frac{H}{r}$ snižuje vliv charakteru zeminy (obr. 12, obr. 13, obr. 19, obr. 20). Tedy s dostatečně vysokým poměrem nemá druh zeminy ani její základní charakteristiky významný vliv na tvar poklesové kotliny.

Získanými výsledky poklesů a sklonu byly proloženy regresní křivky exponenciálního tvaru a byly vyhodnoceny příslušné korelační koeficienty R_k (resp. R_k^2), které dosahovaly hodnot blízkých jedné a dokumentovaly tedy vysoký stupeň korelace. Příslušné hodnoty jsou uvedeny v tab. 33 a tab. 34.

Tabulka 33: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Gausse

Gauss	$R_k^2 [s_{\max}]$	Regresní rovnice pro s_{\max}	$R_k^2 [\text{sklon}]$	Regresní rovnice pro sklon
Nesoudržné zeminy	0,9787	$s_{\max} = 106,5e^{-0,225(H/r)}$	0,9483	$\text{sklon} = 0,0172e^{-0,246(H/r)}$
Normálně konsolidované jíly	0,9787	$s_{\max} = 64,248e^{-0,226(H/r)}$	0,9891	$\text{sklon} = 0,0084e^{-0,289(H/r)}$
Překonsolidované jíly	0,9795	$s_{\max} = 49,753e^{-0,227(H/r)}$	0,9539	$\text{sklon} = 0,0036e^{-0,239(H/r)}$
Jílovité břidlice	0,9788	$s_{\max} = 45,646e^{-0,225(H/r)}$	0,9300	$\text{sklon} = 0,0033e^{-0,235(H/r)}$
Křemence	0,9775	$s_{\max} = 37,374e^{-0,224(H/r)}$	0,9903	$\text{sklon} = 0,0054e^{-0,408(H/r)}$

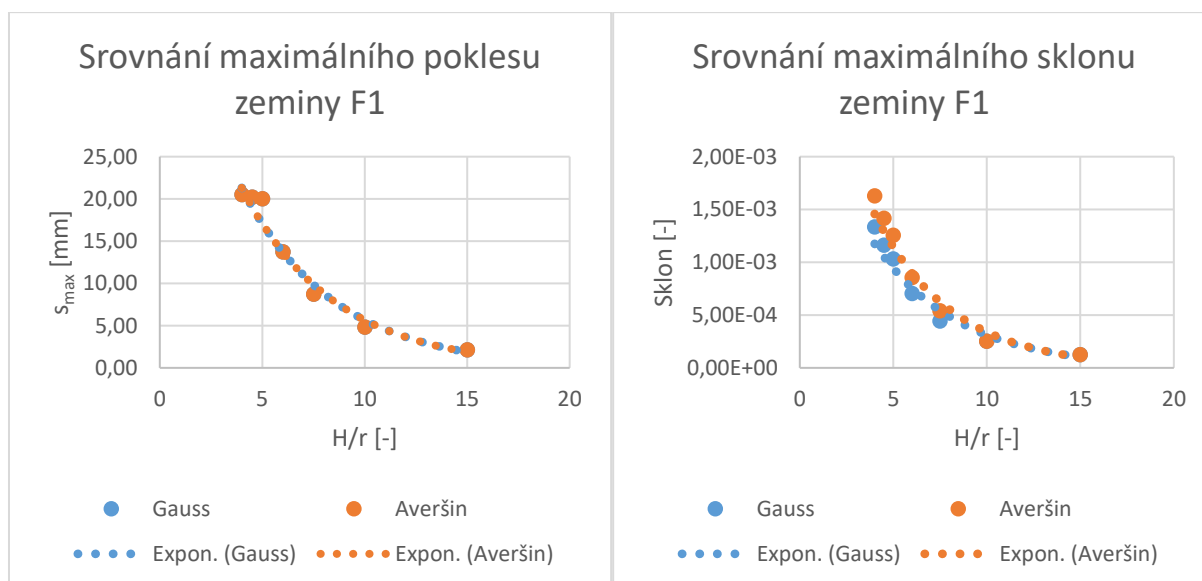
Tabulka 34: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Aversina

Aversin	$R_k^2 [s_{\max}]$	Regresní rovnice pro s_{\max}	$R_k^2 [\text{sklon}]$	Regresní rovnice pro sklon
Nesoudržné zeminy	0,9787	$s_{\max} = 106,5e^{-0,225(H/r)}$	0,9653	$\text{sklon} = 0,0125e^{-0,237(H/r)}$
Normálně konsolidované jíly	0,9787	$s_{\max} = 64,248e^{-0,226(H/r)}$	0,9806	$\text{sklon} = 0,005e^{-0,255(H/r)}$
Překonsolidované jíly	0,9795	$s_{\max} = 49,753e^{-0,227(H/r)}$	0,9930	$\text{sklon} = 0,0077e^{-0,433(H/r)}$
Jílovité břidlice	0,9788	$s_{\max} = 45,646e^{-0,225(H/r)}$	0,9864	$\text{sklon} = 0,0063e^{-0,416(H/r)}$
Křemence	0,9775	$s_{\max} = 37,374e^{-0,224(H/r)}$	0,9779	$\text{sklon} = 0,0035e^{-0,374(H/r)}$

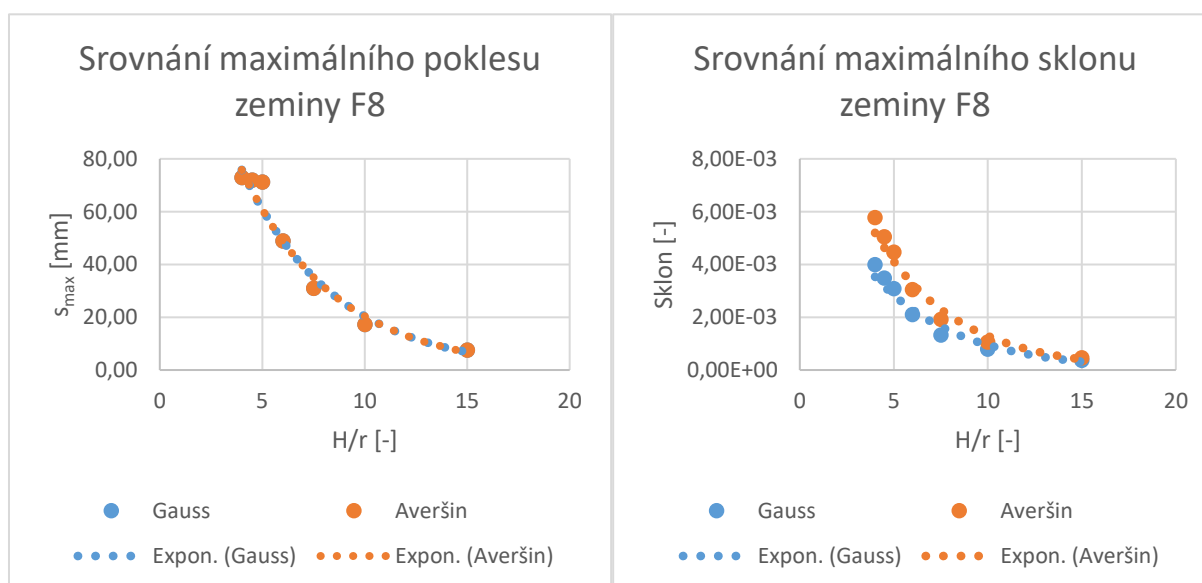
6.2. Klasická teorie

Na základě provedených výpočtů byl stanoven maximální pokles a sklon poklesové kotliny. Pokles byl stanoven pro soudržné a nesoudržné zeminy. Z výsledných grafů pro soudržné zeminy (obr. 34, obr. 48) vyplývá, že největší pokles nastane u zemin, kde je větší podíl jemnozrnných složek, tedy např. u šterkovité hlíny nastane menší pokles než u hlíny s vysokou plasticitou. U nesoudržných zemin (obr. 35, obr. 49) je velikost poklesu stejně jako u soudržných zemin závislá na podílu jemnozrnné složky, tedy u dobře zrněného šterku nastane menší pokles než u jílovitého písku. Shodně tomu tak je i u sklonů (obr. 36, obr. 37, obr. 50 a obr. 51), tedy největší sklon v inflexním bodě nastává u zemin, které mají větší podíl jemnozrnné složky, nejmenší pak u zemin, které mají této složky řádově méně.

Po srovnání jednotlivých zemin bylo provedeno srovnání obou křivek dle Gausse a Averšina u vybraných zemin (obr. 54 a obr. 55).



Obrázek 54: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu šterkovité hlíny



Obrázek 55: Graf srovnání maximálního poklesu a sklonu jílu s vysokou plasticitou

Na základě provedených výpočtů bylo zjištěno, že rozdíl mezi křivkami dle Gausse a Aversina spočívá ve sklonu a vodorovné deformaci, tyto rozdíly však dosahují hodnot max. do 20 procent. Se vzrůstající hodnotou $\frac{H}{r}$ se rozdíl prakticky eliminuje. Ostatní naměřené hodnoty, tedy maximální pokles, vzdálenost inflexního bodu aj., jsou pro obě křivky shodné.

Dále byl na základě provedených výpočtů stanoven trend, kdy se s rostoucím poměrem $\frac{H}{r}$ snižuje vliv charakteru zeminy (obr. 34, obr. 35, obr. 36, obr. 37, obr. 48, obr. 49, obr. 50 a obr. 51). Tedy s dostatečně vysokým poměrem nemá druh zeminy, ani její základní charakteristiky, významný vliv na tvar poklesové kotliny.

Získanými výsledky poklesů a sklonu byly proloženy regresní křivky exponenciálního tvaru a byly vyhodnoceny příslušné korelační koeficienty R_k (resp. R_k^2), které dosahovaly hodnot blízkých jedné a dokumentovaly tedy vysoký stupeň korelace. Příslušné hodnoty jsou uvedeny v tab. 35 a tab. 36.

Tabulka 35: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Gausse

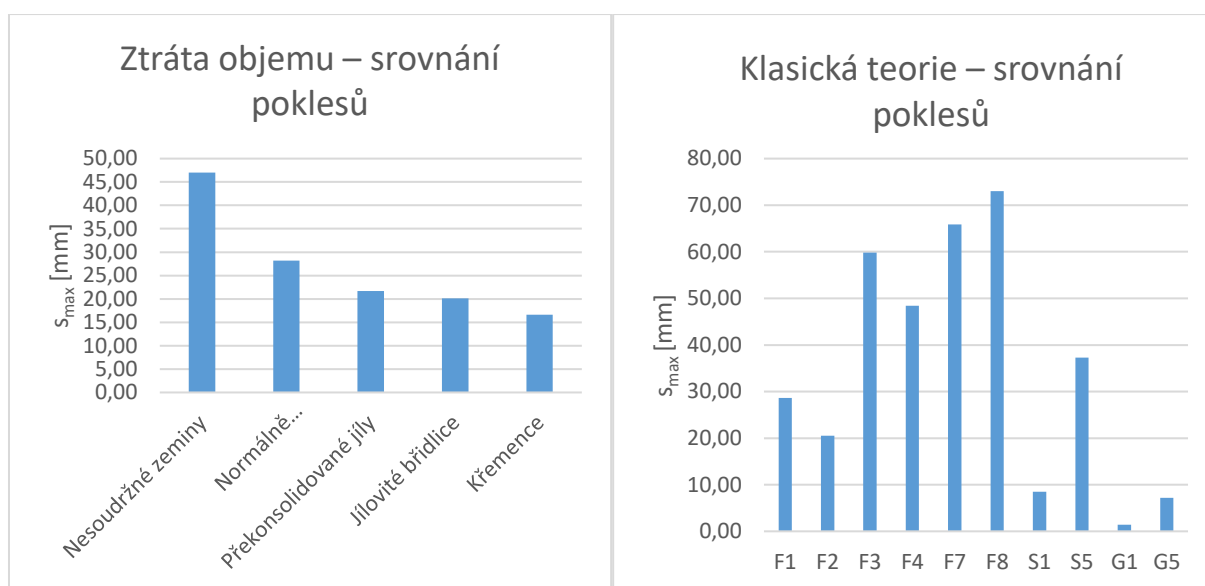
Gauss	R_k^2 [s_{\max}]	Regresní rovnice pro s_{\max}	R_k^2 [sklon]	Regresní rovnice pro sklon
F1	0,9815	$s_{\max} = 51,552e^{-0,221(H/r)}$	0,9644	sklon = $0,0028e^{-0,221(H/r)}$
F2	0,9807	$s_{\max} = 71,214e^{-0,219(H/r)}$	0,9902	sklon = $0,0046e^{-0,246(H/r)}$
F3	0,9808	$s_{\max} = 120,214e^{-0,218(H/r)}$	0,9310	sklon = $0,006e^{-0,202(H/r)}$
F4	0,9807	$s_{\max} = 148,46e^{-0,218(H/r)}$	0,9898	sklon = $0,0099e^{-0,252(H/r)}$
F7	0,9807	$s_{\max} = 163,99e^{-0,219(H/r)}$	0,9894	sklon = $0,0088e^{-0,241(H/r)}$
F8	0,9813	$s_{\max} = 182,31e^{-0,219(H/r)}$	0,9690	sklon = $0,0085e^{-0,219(H/r)}$
G1	0,9947	$s_{\max} = 3,9943e^{-0,249(H/r)}$	0,8365	sklon = $0,0002e^{-0,196(H/r)}$
G5	0,9767	$s_{\max} = 17,514e^{-0,214(H/r)}$	0,9669	sklon = $0,003e^{-0,36(H/r)}$
S1	0,9795	$s_{\max} = 21,083e^{-0,218(H/r)}$	0,9772	sklon = $0,0034e^{-0,372(H/r)}$
S5	0,9805	$s_{\max} = 93,046e^{-0,219(H/r)}$	0,9617	sklon = $0,0065e^{-0,232(H/r)}$

Tabulka 36: Hodnota korelačních koeficientů a příslušných regresních rovnic poklesu a sklonu dle Aversina

Aversin	R_k^2 [s_{\max}]	Regresní rovnice pro s_{\max}	R_k^2 [sklon]	Regresní rovnice pro sklon
F1	0,9815	$s_{\max} = 51,552e^{-0,221(H/r)}$	0,9658	sklon = $0,0038e^{-0,243(H/r)}$
F2	0,9807	$s_{\max} = 71,214e^{-0,219(H/r)}$	0,9948	sklon = $0,0062e^{-0,265(H/r)}$
F3	0,9808	$s_{\max} = 120,214e^{-0,218(H/r)}$	0,9587	sklon = $0,008e^{-0,218(H/r)}$
F4	0,9807	$s_{\max} = 148,46e^{-0,218(H/r)}$	0,9765	sklon = $0,0108e^{-0,232(H/r)}$
F7	0,9807	$s_{\max} = 163,99e^{-0,219(H/r)}$	0,9765	sklon = $0,0119e^{-0,233(H/r)}$
F8	0,9813	$s_{\max} = 182,31e^{-0,219(H/r)}$	0,9761	sklon = $0,0132e^{-0,233(H/r)}$
G1	0,9947	$s_{\max} = 3,9943e^{-0,249(H/r)}$	0,7844	sklon = $0,0001e^{-0,149(H/r)}$
G5	0,9767	$s_{\max} = 17,514e^{-0,214(H/r)}$	0,9592	sklon = $0,0024e^{-0,352(H/r)}$
S1	0,9795	$s_{\max} = 21,083e^{-0,218(H/r)}$	0,9781	sklon = $0,0035e^{-0,373(H/r)}$
S5	0,9805	$s_{\max} = 93,046e^{-0,219(H/r)}$	0,973	sklon = $0,0066e^{-0,23(H/r)}$

6.3. Ztráta objemu vs. klasická teorie

Analýza základních charakteristik poklesové kotliny byla provedena na základě teorie ztráty objemu a klasické teorie (obr. 56). V případě teorie ztráty objemu pevnostní ani deformační parametry zeminy do výpočtu přímo nevstupují. Zeminu klasifikuje pouze součinitel inflexního bodu k a procentuální ztráta objemu zeminy VL . Zkoumané parametry poklesové kotliny vyšly dle očekávání. Tedy největší poklesy nastaly u nesoudrzných zemin, u soudrzných zemin pak byly vypočteny nejmenší poklesy. Klasická teorie pak ve výpočtech zahrnuje přetvárné parametry zemin. Proto byl nejmenší pokles zaznamenán – navzdory očekávání – u zemin nesoudrzných (vyšší modul přetvárnosti ve srovnání se soudrznými zeminami). U zemin soudrzných, kde je větší podíl jemnozrnné frakce a mají nižší hodnotu modulu přetvárnosti, zaznamenáváme větší poklesy.



Obrázek 56: Srovnání poklesů kotliny dle daných teorií

6.4. Závěrečné shrnutí

Z výsledků provedených výpočtů je zřejmé, že odlišné metody výpočtu charakteristik poklesové kotliny mohou poskytovat pro identické vstupy různé charakteristiky poklesové kotliny. Tyto rozdíly ve vypočtených charakteristikách poklesových kotlin vyplývají z odlišných předpokladů a postupů jednotlivých metod. Pro praktické využití doporučuji provést výpočet poklesové kotliny variantními výpočetními metodami a zvolit pak ty charakteristiky poklesové kotliny, které jsou na straně bezpečnosti. K ověření získaných výsledků je možné použít různé metody geotechnického monitoringu.

Přínosem zpracované bakalářské práce jsou vyhodnocené regresní funkce pro stanovení maximálních poklesů a sklonů poklesových kotlin v závislosti na podílu hloubky uložení díla a jeho poloměru a charakteru homogenního horninového prostředí. Stanovené regresní funkce umožňují stanovit základní charakteristiky poklesové kotliny bez využití specializovaných výpočetních metod a software.

Poděkování

Především děkuji vedoucí práce paní doc. RNDr. Evě Hrubéšové, Ph.D., za trpělivost, ochotu a dobré rady, které mi během psaní práce poskytla.

Dále bych pak ráda poděkovala mé rodině, spolužákům a přátelům, kteří mi byli během studia velkou oporou.

Seznam literatury

- [1] Aldorf, J., Bradáč, J., Vojtasík, K., & kol. (1993). *Podzemní stavby a zakládání staveb - vybrané kapitoly*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava.
- [2] ČSN 73 0039. *Navrhování objektů na poddolovaném území*. (2014). Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.
- [3] *Manuál programového systému GEO5*. (nedatováno). Načteno z Fine software: <https://www.finesoftware.eu/help/geo5/cs/vypocet-poklesove-kotliny-01/>
- [4] Peck, R. B. (1969). Deep excavation and tunneling in soft ground. *Proceeding of 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Mexico City: State of the Art Report.
- [5] Solař, J. (2008). *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- [6] Szechy, K. (1966). *The art of tunnelling*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Přílohy

Příloha č. 1

Výsledky výpočtu teorie ztráty objemu dle Gaussovy křivky

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro nesoudržné zeminy dle Gaussovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,3	1,5	15,00	1,00	15	4,50	4,20	18,00	0,80	-18,00	18,00	36,00	5,60E-04	změna r
		15,00	1,50	10	4,50	9,40	18,00	1,90	-18,00	18,00	36,00	1,00E-03	
		15,00	2,00	7,5	4,50	16,70	18,00	3,50	-18,00	18,00	36,00	2,25E-03	
		15,00	2,50	6	4,50	26,10	18,00	5,70	-18,00	18,00	36,00	4,00E-03	
		15,00	3,00	5	4,50	37,60	18,00	8,50	-18,00	18,00	36,00	5,05E-03	
		15,00	3,50	4,29	4,50	51,20	18,00	12,10	-18,00	18,00	36,00	6,90E-03	
		15,00	4,00	3,75	4,50	66,80	18,00	16,60	-18,00	18,00	36,00	9,01E-03	
		12,00	3,00	4	3,60	47,00	14,40	11,40	-14,40	14,40	28,80	7,87E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	3,75	45,10	15,00	10,80	-15,00	15,00	30,00	7,25E-03	
		13,00	3,00	4,33	3,90	43,40	15,60	10,20	-15,60	15,60	31,20	6,71E-03	
		13,50	3,00	4,5	4,05	41,80	16,20	9,80	-16,20	16,20	32,40	6,25E-03	
		14,00	3,00	4,67	4,20	40,30	16,80	9,30	-16,80	16,80	33,60	5,78E-03	
		14,50	3,00	4,83	4,35	38,90	17,40	8,90	-17,40	17,40	34,80	5,41E-03	
		15,00	3,00	5	4,50	37,60	18,00	8,50	-18,00	18,00	36,00	5,05E-03	
		15,50	3,00	5,17	4,65	36,40	18,60	8,20	-18,60	18,60	37,20	4,74E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro normálně konsolidované jíly dle Gaussovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,5	1,5	15,00	1,00	15	7,50	2,50	30,00	0,80	-30,00	30,00	60,00	1,25E-04	změna r
		15,00	1,50	10	7,50	5,60	30,00	1,90	-30,00	30,00	60,00	3,75E-04	
		15,00	2,00	7,5	7,50	10,00	30,00	3,50	-30,00	30,00	60,00	9,00E-04	
		15,00	2,50	6	7,50	15,70	30,00	5,70	-30,00	30,00	60,00	1,50E-03	
		15,00	3,00	5	7,50	22,60	30,00	8,50	-30,00	30,00	60,00	2,00E-03	
		15,00	3,50	4,29	7,50	30,70	30,00	12,10	-30,00	30,00	60,00	3,00E-03	
		15,00	4,00	3,75	7,50	40,10	30,00	16,60	-30,00	30,00	60,00	3,20E-03	
		12,00	3,00	4	6,00	28,20	24,00	11,40	-24,00	24,00	48,00	3,00E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	6,25	27,10	25,00	10,80	-25,00	25,00	50,00	3,00E-03	
		13,00	3,00	4,33	6,50	26,00	26,00	10,20	-26,00	26,00	52,00	2,55E-03	
		13,50	3,00	4,5	6,75	25,10	27,00	9,80	-27,00	27,00	54,00	2,25E-03	
		14,00	3,00	4,67	7,00	24,20	28,00	9,30	-28,00	28,00	56,00	2,25E-03	
		14,50	3,00	4,83	7,25	23,30	29,00	8,90	-29,00	29,00	58,00	2,00E-03	
		15,00	3,00	5	7,50	22,60	30,00	8,50	-30,00	30,00	60,00	2,00E-03	
		15,50	3,00	5,17	7,75	21,80	31,00	8,20	-31,00	31,00	62,00	2,00E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro překonsolidované jíly dle Gaussovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,65	1,5	15,00	1,00	15	9,75	1,90	39,00	0,80	-39,00	39,00	78,00	1,25E-04	změna r
		15,00	1,50	10	9,75	4,30	39,00	1,90	-39,00	39,00	78,00	2,50E-04	
		15,00	2,00	7,5	9,75	7,70	39,00	3,50	-39,00	39,00	78,00	5,00E-04	
		15,00	2,50	6	9,75	12,10	39,00	5,70	-39,00	39,00	78,00	8,00E-04	
		15,00	3,00	5	9,75	17,40	39,00	8,50	-39,00	39,00	78,00	1,00E-03	
		15,00	3,50	4,29	9,75	23,60	39,00	12,10	-39,00	39,00	78,00	1,50E-03	
		15,00	4,00	3,75	9,75	30,90	39,00	16,60	-39,00	39,00	78,00	2,00E-03	
		12,00	3,00	4	7,80	21,70	31,20	11,40	-31,20	31,20	62,40	1,70E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	8,12	20,80	32,50	10,80	-32,50	32,50	65,00	1,50E-03	
		13,00	3,00	4,33	8,45	20,00	33,80	10,20	-33,80	33,80	67,60	1,50E-03	
		13,50	3,00	4,5	8,78	19,30	35,10	9,80	-35,10	35,10	70,20	1,50E-03	
		14,00	3,00	4,67	9,10	18,60	36,40	9,30	-36,40	36,40	72,80	1,50E-03	
		14,50	3,00	4,83	9,43	18,00	37,70	8,90	-37,70	37,70	75,40	1,50E-03	
		15,00	3,00	5	9,75	17,40	39,00	8,50	-39,00	39,00	78,00	1,00E-03	
		15,50	3,00	5,17	10,08	16,80	40,30	8,20	-40,30	40,30	80,60	1,00E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro jílovité břidlice dle Gaussovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,7	1,5	15,00	1,00	15	10,50	1,80	42,00	0,80	-42,00	42,00	84,00	1,25E-04	změna r
		15,00	1,50	10	10,50	4,00	42,00	1,90	-42,00	42,00	84,00	2,50E-04	
		15,00	2,00	7,5	10,50	7,20	42,00	3,50	-42,00	42,00	84,00	3,75E-04	
		15,00	2,50	6	10,50	11,20	42,00	5,70	-42,00	42,00	84,00	8,00E-04	
		15,00	3,00	5	10,50	16,10	42,00	8,50	-42,00	42,00	84,00	1,00E-03	
		15,00	3,50	4,29	10,50	21,90	42,00	12,10	-42,00	42,00	84,00	1,60E-03	
		15,00	4,00	3,75	10,50	28,60	42,00	16,60	-42,00	42,00	84,00	2,00E-03	
		12,00	3,00	4	8,40	20,10	33,60	11,40	-33,60	33,60	67,20	1,50E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	8,75	19,30	35,00	10,80	-35,00	35,00	70,00	1,50E-03	
		13,00	3,00	4,33	9,10	18,60	36,40	10,20	-36,40	36,40	72,80	1,50E-03	
		13,50	3,00	4,5	9,45	17,90	37,80	9,80	-37,80	37,80	75,60	1,50E-03	
		14,00	3,00	4,67	9,80	17,30	39,20	9,30	-39,20	39,20	78,40	1,00E-03	
		14,50	3,00	4,83	10,15	16,70	40,60	8,90	-40,60	40,60	81,20	1,00E-03	
		15,00	3,00	5	10,50	16,10	42,00	8,50	-42,00	42,00	84,00	1,00E-03	
		15,50	3,00	5,17	10,85	15,60	43,40	8,20	-43,40	43,40	86,80	1,00E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro křemence dle Gaussovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,85	1,5	15,00	1,00	15	12,75	1,50	51,00	0,80	-51,00	51,00	102,00	1,00E-05	změna r
		15,00	1,50	10	12,75	3,30	51,00	1,90	-51,00	51,00	102,00	1,25E-04	
		15,00	2,00	7,5	12,75	5,90	51,00	3,50	-51,00	51,00	102,00	2,50E-04	
		15,00	2,50	6	12,75	9,20	51,00	5,70	-51,00	51,00	102,00	5,00E-04	
		15,00	3,00	5	12,75	13,30	51,00	8,50	-51,00	51,00	102,00	6,40E-04	
		15,00	3,50	4,29	12,75	18,10	51,00	12,10	-51,00	51,00	102,00	1,00E-03	
		15,00	4,00	3,75	12,75	23,60	51,00	16,60	-51,00	51,00	102,00	1,00E-03	
		12,00	3,00	4	10,20	16,60	40,80	11,40	-40,80	40,80	81,60	1,00E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	10,62	15,90	42,50	10,80	-42,50	42,50	85,00	1,00E-03	
		13,00	3,00	4,33	11,05	15,30	44,20	10,20	-44,20	44,20	88,40	1,00E-03	
		13,50	3,00	4,5	11,47	14,70	45,90	9,80	-45,90	45,90	91,80	8,00E-04	
		14,00	3,00	4,67	11,90	14,20	47,60	9,30	-47,60	47,60	95,20	8,00E-04	
		14,50	3,00	4,83	12,32	13,70	49,30	8,90	-49,30	49,30	98,60	7,20E-04	
		15,00	3,00	5	12,75	13,30	51,00	8,50	-51,00	51,00	102,00	6,40E-04	
		15,50	3,00	5,17	13,17	12,80	52,70	8,20	-52,70	52,70	105,40	4,80E-04	

Příloha č. 2

Výsledky výpočtu teorie ztráty objemu dle Averšinovy křivky

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro nesoudržné zeminy dle Averšinyovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	s _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,3	1,5	15,00	1,00	15	4,50	4,20	18,00	1,40	-18,00	18,00	36,00	4,28E-04	změna r
		15,00	1,50	10	4,50	9,40	18,00	3,20	-18,00	18,00	36,00	9,63E-04	
		15,00	2,00	7,5	4,50	16,70	18,00	5,90	-18,00	18,00	36,00	1,71E-03	
		15,00	2,50	6	4,50	26,10	18,00	9,70	-18,00	18,00	36,00	2,67E-03	
		15,00	3,00	5	4,50	37,60	18,00	14,50	-18,00	18,00	36,00	3,86E-03	
		15,00	3,50	4,29	4,50	51,20	18,00	20,60	-18,00	18,00	36,00	5,24E-03	
		15,00	4,00	3,75	4,50	66,80	18,00	28,10	-18,00	18,00	36,00	6,85E-03	
		12,00	3,00	4	3,60	47,00	14,40	19,30	-14,40	14,40	28,80	6,02E-03	změna H
	1,5	12,50	3,00	4,17	3,75	45,10	15,00	18,30	-15,00	15,00	30,00	5,56E-03	
		13,00	3,00	4,33	3,90	43,40	15,60	17,40	-15,60	15,60	31,20	5,13E-03	
		13,50	3,00	4,5	4,05	41,80	16,20	16,60	-16,20	16,20	32,40	4,76E-03	
		14,00	3,00	4,67	4,20	40,30	16,80	15,80	-16,80	16,80	33,60	4,44E-03	
		14,50	3,00	4,83	4,35	38,90	17,40	15,10	-17,40	17,40	34,80	4,13E-03	
		15,00	3,00	5	4,50	37,60	18,00	14,50	-18,00	18,00	36,00	3,86E-03	
		15,50	3,00	5,17	4,65	36,40	18,60	13,90	-18,60	18,60	37,20	3,61E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro normálně konsolidované jíly dle Averšinyovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	s _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,5	1,5	15,00	1,00	15	7,50	2,50	30,00	1,40	-30,00	30,00	60,00	1,25E-04	změna r
		15,00	1,50	10	7,50	5,60	30,00	3,20	-30,00	30,00	60,00	3,47E-04	
		15,00	2,00	7,5	7,50	10,00	30,00	5,90	-30,00	30,00	60,00	6,17E-04	
		15,00	2,50	6	7,50	15,70	30,00	9,70	-30,00	30,00	60,00	9,63E-04	
		15,00	3,00	5	7,50	22,60	30,00	14,50	-30,00	30,00	60,00	1,39E-03	
		15,00	3,50	4,29	7,50	30,70	30,00	20,60	-30,00	30,00	60,00	1,89E-03	
		15,00	4,00	3,75	7,50	40,10	30,00	28,10	-30,00	30,00	60,00	2,47E-03	
		12,00	3,00	4	6,00	28,20	24,00	19,30	-24,00	24,00	48,00	2,17E-03	změna H
	1,5	12,50	3,00	4,17	6,25	27,10	25,00	18,30	-25,00	25,00	50,00	2,00E-03	
		13,00	3,00	4,33	6,50	26,00	26,00	17,40	-26,00	26,00	52,00	1,85E-03	
		13,50	3,00	4,5	6,75	25,10	27,00	16,60	-27,00	27,00	54,00	1,71E-03	
		14,00	3,00	4,67	7,00	24,20	28,00	15,80	-28,00	28,00	56,00	1,59E-03	
		14,50	3,00	4,83	7,25	23,30	29,00	15,10	-29,00	29,00	58,00	1,49E-03	
		15,00	3,00	5	7,50	22,60	30,00	14,50	-30,00	30,00	60,00	1,39E-03	
		15,50	3,00	5,17	7,75	21,80	31,00	13,90	-31,00	31,00	62,00	1,30E-03	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro překonsolidované jíly dle Averšinyovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,65	1,5	15,00	1,00	15	9,75	1,90	39,00	1,40	-39,00	39,00	78,00	1,00E-05	změna r
		15,00	1,50	10	9,75	4,30	39,00	3,20	-39,00	39,00	78,00	1,25E-04	
		15,00	2,00	7,5	9,75	7,70	39,00	5,90	-39,00	39,00	78,00	3,65E-04	
		15,00	2,50	6	9,75	12,10	39,00	9,70	-39,00	39,00	78,00	5,70E-04	
		15,00	3,00	5	9,75	17,40	39,00	14,50	-39,00	39,00	78,00	8,21E-04	
		15,00	3,50	4,29	9,75	23,60	39,00	20,60	-39,00	39,00	78,00	1,12E-03	
		15,00	4,00	3,75	9,75	30,90	39,00	28,10	-39,00	39,00	78,00	1,46E-03	
		12,00	3,00	4	7,80	21,70	31,20	19,30	-31,20	31,20	62,40	1,28E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	8,12	20,80	32,50	18,30	-32,50	32,50	65,00	1,18E-03	
		13,00	3,00	4,33	8,45	20,00	33,80	17,40	-33,80	33,80	67,60	1,09E-03	
		13,50	3,00	4,5	8,78	19,30	35,10	16,60	-35,10	35,10	70,20	1,01E-03	
		14,00	3,00	4,67	9,10	18,60	36,40	15,80	-36,40	36,40	72,80	9,43E-04	
		14,50	3,00	4,83	9,43	18,00	37,70	15,10	-37,70	37,70	75,40	8,42E-04	
		15,00	3,00	5	9,75	17,40	39,00	14,50	-39,00	39,00	78,00	8,21E-04	
		15,50	3,00	5,17	10,08	16,80	40,30	13,90	-40,30	40,30	80,60	7,69E-04	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro jílovité břidlice dle Averšinyovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,7	1,5	15,00	1,00	15	10,50	1,80	42,00	1,40	-42,00	42,00	84,00	1,00E-05	změna r
		15,00	1,50	10	10,50	4,00	42,00	3,20	-42,00	42,00	84,00	1,25E-04	
		15,00	2,00	7,5	10,50	7,20	42,00	5,90	-42,00	42,00	84,00	3,75E-04	
		15,00	2,50	6	10,50	11,20	42,00	9,70	-42,00	42,00	84,00	4,92E-04	
		15,00	3,00	5	10,50	16,10	42,00	14,50	-42,00	42,00	84,00	7,08E-04	
		15,00	3,50	4,29	10,50	21,90	42,00	20,60	-42,00	42,00	84,00	9,63E-04	
		15,00	4,00	3,75	10,50	28,60	42,00	28,10	-42,00	42,00	84,00	1,26E-03	
		12,00	3,00	4	8,40	20,10	33,60	19,30	-33,60	33,60	67,20	1,11E-03	změna H
		12,50	3,00	4,17	8,75	19,30	35,00	18,30	-35,00	35,00	70,00	1,02E-03	
		13,00	3,00	4,33	9,10	18,60	36,40	17,40	-36,40	36,40	72,80	9,43E-04	
		13,50	3,00	4,5	9,45	17,90	37,80	16,60	-37,80	37,80	75,60	8,74E-04	
		14,00	3,00	4,67	9,80	17,30	39,20	15,80	-39,20	39,20	78,40	8,13E-04	
		14,50	3,00	4,83	10,15	16,70	40,60	15,10	-40,60	40,60	81,20	7,58E-04	
		15,00	3,00	5	10,50	16,10	42,00	14,50	-42,00	42,00	84,00	7,08E-04	
		15,50	3,00	5,17	10,85	15,60	43,40	13,90	-43,40	43,40	86,80	6,63E-04	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu ztráty objemu zeminy pro křemence dle Averšinovy křivky

k [-]	VL [%]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	s _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	
0,85	1,5	15,00	1,00	15	12,75	1,50	51,00	1,40	-51,00	51,00	102,00	1,00E-05	změna r
		15,00	1,50	10	12,75	3,30	51,00	3,20	-51,00	51,00	102,00	1,25E-04	
		15,00	2,00	7,5	12,75	5,90	51,00	5,90	-51,00	51,00	102,00	2,50E-04	
		15,00	2,50	6	12,75	9,20	51,00	9,70	-51,00	51,00	102,00	3,33E-04	
		15,00	3,00	5	12,75	13,30	51,00	14,50	-51,00	51,00	102,00	4,80E-04	
		15,00	3,50	4,29	12,75	18,10	51,00	20,60	-51,00	51,00	102,00	6,54E-04	
		15,00	4,00	3,75	12,75	23,60	51,00	28,10	-51,00	51,00	102,00	8,53E-04	
		12,00	3,00	4	10,20	16,60	40,80	19,30	-40,80	40,80	81,60	7,50E-04	změna H
		12,50	3,00	4,17	10,62	15,90	42,50	18,30	-42,50	42,50	85,00	6,92E-04	
		13,00	3,00	4,33	11,05	15,30	44,20	17,40	-44,20	44,20	88,40	6,39E-04	
		13,50	3,00	4,5	11,47	14,70	45,90	16,60	-45,90	45,90	91,80	5,93E-04	
		14,00	3,00	4,67	11,90	14,20	47,60	15,80	-47,60	47,60	95,20	5,51E-04	
		14,50	3,00	4,83	12,32	13,70	49,30	15,10	-49,30	49,30	98,60	5,14E-04	
		15,00	3,00	5	12,75	13,30	51,00	14,50	-51,00	51,00	102,00	4,80E-04	
		15,50	3,00	5,17	13,17	12,80	52,70	13,90	-52,70	52,70	105,40	4,50E-04	

Příloha č. 3

Výsledky výpočtu klasické teorie dle Gaussovy křivky

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro šterkovitou hlinu dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F1	15	1	15	11,97	2,10	29,93	1,10	-29,93	29,93	59,86	1,25E-04	13,40	-11,30	změna r
	15	1,5	10	11,94	4,80	29,85	2,60	-29,85	29,85	59,70	2,50E-04	21,10	-16,30	
	15	2	7,5	11,89	8,70	29,73	4,80	-29,73	29,73	59,46	4,42E-04	29,50	-20,80	
	15	2,5	6	11,83	13,70	29,58	7,90	-29,58	29,58	59,16	7,02E-04	38,70	-25,00	
	15	3	5	11,76	20,00	29,39	11,90	-29,39	29,39	58,78	1,03E-03	48,90	-28,90	
	15	3,5	4,29	11,67	27,60	29,17	17,00	-29,17	29,17	58,34	1,43E-03	60,10	-32,50	
	15	4	3,75	11,57	36,70	28,91	23,40	-28,91	28,91	57,82	1,92E-03	72,40	-35,70	
	12	3	4	9,30	20,50	23,24	12,80	-23,24	23,24	46,48	1,33E-03	42,30	-21,80	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	20,40	24,27	12,60	-24,27	24,27	48,54	1,27E-03	43,40	-23,00	
	13	3	4,33	10,12	20,30	25,30	12,40	-25,30	25,30	50,60	1,21E-03	44,40	-24,20	
	13,5	3	4,5	10,53	20,20	26,32	12,30	-26,32	26,32	52,64	1,16E-03	45,50	-25,40	
	14	3	4,67	10,94	20,10	27,35	12,10	-27,35	27,35	54,70	1,11E-03	46,60	-26,50	
	14,5	3	4,83	11,35	20,00	28,37	12,70	-28,37	28,37	56,74	1,07E-03	47,80	-27,70	
	15	3	5	11,76	20,00	29,39	11,90	-29,39	29,39	58,78	1,03E-03	48,90	-28,90	
	15,5	3	5,17	12,17	19,90	30,41	11,80	-30,41	30,41	60,82	9,93E-04	50,00	-30,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro šterkovitý jíl dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F2	15	1	15	11,97	3,00	29,93	1,60	-29,93	29,93	59,86	1,25E-04	18,80	-15,80	změna r
	15	1,5	10	11,94	6,80	29,85	3,60	-29,85	29,85	59,70	3,75E-04	29,50	-22,80	
	15	2	7,5	11,89	12,10	29,73	6,70	-29,73	29,73	59,46	6,19E-04	41,30	-29,20	
	15	2,5	6	11,83	19,20	29,58	11,00	-29,58	29,58	59,16	9,82E-04	54,20	-35,00	
	15	3	5	11,76	28,00	29,39	16,60	-29,39	29,39	58,78	1,44E-03	68,40	-40,40	
	15	3,5	4,29	11,67	38,60	29,17	23,80	-29,17	29,17	58,34	2,01E-03	84,10	-45,40	
	15	4	3,75	11,57	51,40	28,91	32,80	-28,91	28,91	57,82	2,70E-03	101,40	-50,00	
	12	3	4	9,30	28,60	23,24	17,90	-23,24	23,24	46,48	1,87E-03	59,20	-30,60	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	28,50	24,27	17,70	-24,27	24,27	48,54	1,78E-03	60,70	-32,20	
	13	3	4,33	10,12	28,40	25,30	17,40	-25,30	25,30	50,60	1,70E-03	62,20	-33,80	
	13,5	3	4,5	10,53	28,20	26,32	17,20	-26,32	26,32	52,64	1,63E-03	63,70	-35,50	
	14	3	4,67	10,94	28,10	27,35	17,00	-27,35	27,35	54,70	1,56E-03	65,30	-37,10	
	14,5	3	4,83	11,35	28,00	28,37	16,80	-28,37	28,37	56,74	1,50E-03	66,80	-38,80	
	15	3	5	11,76	28,00	29,39	16,60	-29,39	29,39	58,78	1,44E-03	68,40	-40,40	
	15,5	3	5,17	12,17	27,90	30,41	16,50	-30,41	30,41	60,82	1,39E-03	70,00	-42,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro písčitou hlínu dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F3	15	1	15	11,97	5,10	29,93	2,60	-29,93	29,93	59,86	3,75E-04	31,80	-26,80	změna r
	15	1,5	10	11,94	11,50	29,85	6,20	-29,85	29,85	59,70	5,82E-04	50,00	-38,50	
	15	2	7,5	11,89	20,60	29,73	11,40	-29,73	29,73	59,46	1,05E-03	69,90	-49,30	
	15	2,5	6	11,83	32,40	29,58	18,60	-29,58	29,58	59,16	1,66E-03	91,70	-59,30	
	15	3	5	11,76	47,30	29,39	28,10	-29,39	29,39	58,78	2,44E-03	115,70	-68,40	
	15	3,5	4,29	11,67	65,40	29,17	40,20	-29,17	29,17	58,34	3,40E-03	142,20	-76,80	
	15	4	3,75	11,57	86,90	28,91	55,40	-28,91	28,91	57,82	4,55E-03	171,50	-84,60	
	12	3	4	9,30	48,40	23,24	30,30	-23,24	23,24	46,48	3,15E-03	100,20	-51,70	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	48,20	24,27	29,90	-24,27	24,27	48,54	3,01E-03	102,70	-54,50	
	13	3	4,33	10,12	48,00	25,30	29,40	-25,30	25,30	50,60	2,87E-03	105,20	-57,20	
	13,5	3	4,5	10,53	47,80	26,32	29,10	-26,32	26,32	52,64	2,75E-03	107,80	-60,00	
	14	3	4,67	10,94	47,60	27,35	28,70	-27,35	27,35	54,70	2,64E-03	110,40	-62,80	
	14,5	3	4,83	11,35	47,50	28,37	28,40	-28,37	28,37	56,74	2,53E-03	113,10	-65,60	
	15	3	5	11,76	47,30	29,39	28,10	-29,39	29,39	58,78	2,44E-03	115,70	-68,40	
	15,5	3	5,17	12,17	47,20	30,41	27,90	-30,41	30,41	60,82	2,35E-03	118,40	-71,20	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro písčité jíl dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F4	15	1	15	11,97	6,30	29,93	3,20	-29,93	29,93	59,86	2,50E-04	39,30	-33,00	změna r
	15	1,5	10	11,94	14,20	29,85	7,60	-29,85	29,85	59,70	7,18E-04	61,70	-47,50	
	15	2	7,5	11,89	25,40	29,73	14,10	-29,73	29,73	59,46	1,29E-03	86,20	-60,90	
	15	2,5	6	11,83	40,00	29,58	23,00	-29,58	29,58	59,16	2,05E-03	113,20	-73,10	
	15	3	5	11,76	58,40	29,39	34,70	-29,39	29,39	58,78	3,01E-03	142,80	-84,40	
	15	3,5	4,29	11,67	80,70	29,17	49,70	-29,17	29,17	58,34	4,18E-03	175,50	-94,80	
	15	4	3,75	11,57	107,30	28,91	68,40	-28,91	28,91	57,82	5,62E-03	211,70	-104,40	
	12	3	4	9,30	59,80	23,24	37,50	-23,24	23,24	46,48	3,89E-03	123,60	-63,80	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	59,50	24,27	36,90	-24,27	24,27	48,54	3,72E-03	126,70	-67,20	
	13	3	4,33	10,12	59,20	25,30	36,30	-25,30	25,30	50,60	3,55E-03	129,90	-70,70	
	13,5	3	4,5	10,53	59,00	26,32	35,90	-26,32	26,32	52,64	3,39E-03	133,10	-74,10	
	14	3	4,67	10,94	58,80	27,35	35,40	-27,35	27,35	54,70	3,26E-03	136,30	-77,50	
	14,5	3	4,83	11,37	58,60	28,37	35,10	-28,37	28,37	56,74	3,13E-03	139,50	-81,00	
	15	3	5	11,76	58,40	29,39	34,70	-29,39	29,39	58,78	3,01E-03	142,80	-84,40	
	15,5	3	5,17	12,17	58,20	30,41	34,40	-30,41	30,41	60,82	2,90E-03	146,10	-87,90	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro hlinu s vysokou plasticitou dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F7	15	1	15	14,25	6,90	29,93	4,30	-29,93	29,93	59,86	2,50E-04	46,60	-39,70	změna r
	15	1,5	10	14,21	15,60	29,85	10,00	-29,85	29,85	59,70	8,00E-04	72,90	-57,30	
	15	2	7,5	14,16	27,90	29,73	18,50	-29,73	29,73	59,46	1,20E-03	101,60	-73,70	
	15	2,5	6	14,09	44,10	29,58	30,10	-29,58	29,58	59,16	1,90E-03	132,90	-88,80	
	15	3	5	14,00	64,30	29,39	45,50	-29,39	29,39	58,78	2,79E-03	167,20	-102,90	
	15	3,5	4,29	13,89	88,90	29,17	65,10	-29,17	29,17	58,34	3,88E-03	204,90	-116,00	
	15	4	3,75	13,77	118,20	28,91	89,70	-28,91	28,91	57,82	5,21E-03	246,40	-128,20	
	12	3	4	11,07	65,90	23,24	49,10	-23,24	23,24	46,48	3,61E-03	144,10	-78,20	změna H
	12,5	3	4,17	11,56	65,50	24,27	48,30	-24,27	24,27	48,54	3,44E-03	147,80	-82,30	
	13	3	4,33	12,05	65,20	25,30	47,70	-25,30	25,30	50,60	3,28E-03	151,60	-86,40	
	13,5	3	4,5	12,54	65,00	26,32	47,00	-26,32	26,32	52,64	3,14E-03	155,50	-90,50	
	14	3	4,67	13,02	64,70	27,35	46,50	-27,35	27,35	54,70	3,01E-03	159,40	-94,60	
	14,5	3	4,83	13,51	64,50	28,37	46,00	-28,37	28,37	56,74	2,89E-03	163,30	-98,80	
	15	3	5	14,00	64,30	29,39	45,50	-29,39	29,39	58,78	2,79E-03	167,20	-102,90	
	15,5	3	5,17	14,48	64,20	30,41	45,10	-30,41	30,41	60,82	2,69E-03	171,20	-107,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jíl s vysokou plasticitou dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F8	15	1	15	14,25	7,60	29,93	4,70	-29,93	29,93	59,86	3,75E-04	53,20	-45,60	změna r
	15	1,5	10	14,21	17,30	29,85	11,00	-29,85	29,85	59,70	8,00E-04	83,20	-65,90	
	15	2	7,5	14,16	31,00	29,73	20,40	-29,73	29,73	59,46	1,32E-03	115,80	-84,90	
	15	2,5	6	14,09	48,90	29,58	33,40	-29,58	29,58	59,16	2,10E-03	151,40	-102,50	
	15	3	5	14,00	71,30	29,39	50,40	-29,39	29,39	58,78	3,09E-03	190,20	-118,90	
	15	3,5	4,29	13,89	98,50	29,17	72,10	-29,17	29,17	58,34	4,29E-03	232,70	-134,20	
	15	4	3,75	13,77	130,90	28,91	99,40	-28,91	28,91	57,82	5,75E-03	279,50	-148,60	
	12	3	4	11,07	73,00	23,24	54,40	-23,24	23,24	46,48	4,00E-03	163,50	-90,60	změna H
	12,5	3	4,17	11,56	72,60	24,27	53,60	-24,27	24,27	48,54	3,80E-03	167,90	-95,30	
	13	3	4,33	12,05	72,30	25,30	52,80	-25,30	25,30	50,60	3,64E-03	172,20	-100,00	
	13,5	3	4,5	12,54	72,00	26,32	52,10	-26,32	26,32	52,64	3,48E-03	176,70	-104,70	
	14	3	4,67	13,02	71,70	27,35	51,50	-27,35	27,35	54,70	3,33E-03	181,10	-109,40	
	14,5	3	4,83	13,51	71,50	28,37	50,90	-28,37	28,37	56,74	3,21E-03	185,60	-114,20	
	15	3	5	14,00	71,30	29,39	50,40	-29,39	29,39	58,78	3,09E-03	190,20	-118,90	
	15,5	3	5,17	14,48	71,10	30,41	49,90	-30,41	30,41	60,82	2,98E-03	194,70	-123,70	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro dobře zrněný štěrk dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	s _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
G1	15	1	15	8,55	0,10	29,93	0,10	-29,93	29,93	59,86	1,67E-05	0,70	-0,60	změna r
	15	1,5	10	8,53	0,30	29,85	0,10	-29,85	29,85	59,70	1,69E-05	1,20	-0,90	
	15	2	7,5	8,49	0,60	29,73	0,20	-29,73	29,73	59,46	5,00E-05	1,70	-1,10	
	15	2,5	6	8,45	0,90	29,58	0,40	-29,58	29,58	59,16	5,08E-05	2,20	-1,30	
	15	3	5	8,40	1,30	29,39	0,60	-29,39	29,39	58,78	8,47E-05	2,80	-1,50	
	15	3,5	4,29	8,33	1,80	29,17	0,80	-29,17	29,17	58,34	1,38E-04	3,50	-1,60	
	15	4	3,75	8,26	2,40	28,91	1,10	-28,91	28,91	57,82	1,75E-04	4,20	-1,80	
	12	3	4	6,64	1,40	23,24	0,60	-23,24	23,24	46,48	1,30E-04	2,40	-1,10	změna H
	12,5	3	4,17	6,93	1,40	24,27	0,60	-24,27	24,27	48,54	1,25E-04	2,50	-1,10	
	13	3	4,33	7,23	1,30	25,30	0,60	-25,30	25,30	50,60	1,18E-04	2,60	-1,20	
	13,5	3	4,5	7,52	1,30	26,32	0,60	-26,32	26,32	52,64	1,13E-04	2,60	-1,30	
	14	3	4,67	7,81	1,30	27,35	0,60	-27,35	27,35	54,70	1,11E-04	2,70	-1,30	
	14,5	3	4,83	8,11	1,30	28,37	0,60	-28,37	28,37	56,74	8,77E-05	2,70	-1,40	
	15	3	5	8,40	1,30	29,39	0,60	-29,39	29,39	58,78	8,47E-05	2,80	-1,50	
	15,5	3	5,17	8,69	1,30	30,41	0,60	-30,41	30,41	60,82	8,33E-05	2,90	-1,50	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jílovitý štěrk dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	s _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
G5	15	1	15	9,98	0,80	29,93	0,30	-29,93	29,93	59,86	1,00E-05	4,40	-3,70	změna r
	15	1,5	10	9,95	1,70	29,85	0,80	-29,85	29,85	59,70	1,25E-04	7,00	-5,30	
	15	2	7,5	9,91	3,10	29,73	1,40	-29,73	29,73	59,46	2,50E-04	9,80	-6,70	
	15	2,5	6	9,86	4,80	29,58	2,30	-29,58	29,58	59,16	3,75E-04	12,90	-8,10	
	15	3	5	9,80	7,10	29,39	3,50	-29,39	29,39	58,78	5,00E-04	16,30	-9,30	
	15	3,5	4,29	9,72	9,80	29,17	5,00	-29,17	29,17	58,34	8,00E-04	20,10	-10,40	
	15	4	3,75	9,64	13,00	28,91	6,90	-28,91	28,91	57,82	8,15E-04	24,40	-11,40	
	12	3	4	7,75	7,20	23,24	3,80	-23,24	23,24	46,48	5,60E-04	14,20	-7,00	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	7,20	24,27	3,70	-24,27	24,27	48,54	5,60E-04	14,50	-7,40	
	13	3	4,33	8,43	7,20	25,30	3,70	-25,30	25,30	50,60	5,60E-04	14,90	-7,70	
	13,5	3	4,5	8,77	7,10	26,32	3,60	-26,32	26,32	52,64	5,00E-04	15,30	-8,10	
	14	3	4,67	9,12	7,10	27,35	3,60	-27,35	27,35	54,70	5,00E-04	15,60	-8,50	
	14,5	3	4,83	9,46	7,10	28,37	3,50	-28,37	28,37	56,74	5,00E-04	16,00	-8,90	
	15	3	5	9,80	7,10	29,39	3,50	-29,39	29,39	58,78	5,00E-04	16,30	-9,30	
	15,5	3	5,17	10,14	7,00	30,41	3,50	-30,41	30,41	60,82	5,00E-04	16,70	-9,70	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro dobře zrněný písek dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
S1	15	1	15	9,98	0,90	29,93	0,40	-29,93	29,93	59,86	1,00E-05	5,10	-4,20	změna r
	15	1,5	10	9,95	2,00	29,85	0,90	-29,85	29,85	59,70	1,25E-04	8,10	-6,00	
	15	2	7,5	9,91	3,60	29,73	1,70	-29,73	29,73	59,46	2,50E-04	11,30	-7,70	
	15	2,5	6	9,86	5,70	29,58	2,70	-29,58	29,58	59,16	3,75E-04	14,90	-9,20	
	15	3	5	9,80	8,30	29,39	4,10	-29,39	29,39	58,78	4,80E-04	18,90	-10,60	
	15	3,5	4,29	9,72	11,50	29,17	5,90	-29,17	29,17	58,34	6,40E-04	23,30	-11,80	
	15	4	3,75	9,64	15,30	28,91	8,10	-28,91	28,91	57,82	9,63E-04	28,20	-12,90	
	12	3	4	7,75	8,50	23,24	4,50	-23,24	23,24	46,48	7,20E-04	16,50	-7,90	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	8,50	24,27	4,40	-24,27	24,27	48,54	5,60E-04	16,90	-8,40	
	13	3	4,33	8,43	8,50	25,30	4,30	-25,30	25,30	50,60	5,60E-04	17,30	-8,80	
	13,5	3	4,5	8,77	8,40	26,32	4,30	-26,32	26,32	52,64	5,60E-04	17,70	-9,20	
	14	3	4,67	9,12	8,40	27,35	4,20	-27,35	27,35	54,70	5,60E-04	18,10	-9,70	
	14,5	3	4,83	9,46	8,40	28,37	4,20	-28,37	28,37	56,74	4,80E-04	18,50	-10,10	
	15	3	5	9,80	8,30	29,39	4,10	-29,39	29,39	58,78	4,80E-04	18,90	-10,60	
	15,5	3	5,17	10,14	8,30	30,41	4,10	-30,41	30,41	60,82	5,00E-04	19,30	-11,00	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jílovitý písek dle Gaussovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
S5	15	1	15	9,98	3,90	29,93	1,70	-29,93	29,93	59,86	2,50E-04	24,50	-20,60	změna r
	15	1,5	10	9,95	8,80	29,85	4,00	-29,85	29,85	59,70	4,80E-04	38,50	-29,70	
	15	2	7,5	9,91	15,80	29,73	7,30	-29,73	29,73	59,46	9,68E-04	53,90	-38,00	
	15	2,5	6	9,86	25,00	29,58	12,00	-29,58	29,58	59,16	1,54E-03	70,70	-45,70	
	15	3	5	9,80	36,50	29,39	18,10	-29,39	29,39	58,78	2,25E-03	89,20	-52,70	
	15	3,5	4,29	9,72	50,40	29,17	25,80	-29,17	29,17	58,34	3,13E-03	109,60	-59,20	
	15	4	3,75	9,64	67,00	28,91	35,60	-28,91	28,91	57,82	4,20E-03	132,20	-65,20	
	12	3	4	7,75	37,30	23,24	19,50	-23,24	23,24	46,48	2,92E-03	77,20	-39,90	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	37,20	24,27	19,20	-24,27	24,27	48,54	2,78E-03	79,10	-42,00	
	13	3	4,33	8,43	37,00	25,30	18,90	-25,30	25,30	50,60	2,65E-03	81,10	-44,10	
	13,5	3	4,5	8,77	36,80	26,32	18,70	-26,32	26,32	52,64	2,54E-03	83,10	-46,30	
	14	3	4,67	9,12	36,70	27,35	18,40	-27,35	27,35	54,70	2,44E-03	85,10	-48,40	
	14,5	3	4,83	9,46	36,60	28,37	18,20	-28,37	28,37	56,74	2,34E-03	87,20	-50,60	
	15	3	5	9,80	36,50	29,39	18,10	-29,39	29,39	58,78	2,25E-03	89,20	-52,70	
	15,5	3	5,17	10,14	36,40	30,41	17,90	-30,41	30,41	60,82	2,17E-03	91,30	-54,90	

Příloha č. 4

Výsledky výpočtu klasické teorie dle Averšinovy křivky

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro šterkovitou hlinu dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F1	15	1	15	11,97	2,10	29,93	1,20	-29,93	29,93	59,86	1,25E-04	13,40	-11,30	změna r
	15	1,5	10	11,94	4,80	29,85	2,70	-29,85	29,85	59,70	2,50E-04	21,10	-16,30	
	15	2	7,5	11,89	8,70	29,73	5,10	-29,73	29,73	59,46	5,39E-04	29,50	-20,80	
	15	2,5	6	11,83	13,70	29,58	8,30	-29,58	29,58	59,16	8,55E-04	38,70	-25,00	
	15	3	5	11,76	20,00	29,39	12,60	-29,39	29,39	58,78	1,25E-03	48,90	-28,90	
	15	3,5	4,29	11,67	27,60	29,17	18,00	-29,17	29,17	58,34	1,73E-03	60,10	-32,50	
	15	4	3,75	11,57	36,70	28,91	24,80	-28,91	28,91	57,82	2,34E-03	72,40	-35,70	
	12	3	4	9,30	20,50	23,24	13,60	-23,24	23,24	46,48	1,63E-03	42,30	-21,80	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	20,40	24,27	13,40	-24,27	24,27	48,54	1,55E-03	43,40	-23,00	
	13	3	4,33	10,12	20,30	25,30	13,20	-25,30	25,30	50,60	1,48E-03	44,40	-24,20	
	13,5	3	4,5	10,53	20,20	26,32	13,00	-26,32	26,32	52,64	1,41E-03	45,50	-25,40	
	14	3	4,67	10,94	20,10	27,35	12,80	-27,35	27,35	54,70	1,36E-03	46,60	-26,50	
	14,5	3	4,83	11,35	20,00	28,37	12,70	-28,37	28,37	56,74	1,30E-03	47,80	-27,70	
	15	3	5	11,76	20,00	29,39	12,60	-29,39	29,39	58,78	1,25E-03	48,90	-28,90	
	15,5	3	5,17	12,17	19,90	30,41	12,40	-30,41	30,41	60,82	1,21E-03	50,00	-30,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro šterkovitý jíł dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F2	15	1	15	11,97	3,00	29,93	1,60	-29,93	29,93	59,86	1,25E-04	18,80	-15,80	změna r
	15	1,5	10	11,94	6,80	29,85	3,80	-29,85	29,85	59,70	4,19E-04	29,50	-22,80	
	15	2	7,5	11,89	12,10	29,73	7,10	-29,73	29,73	59,46	7,54E-04	41,30	-29,20	
	15	2,5	6	11,83	19,20	29,58	11,70	-29,58	29,58	59,16	1,20E-03	54,20	-35,00	
	15	3	5	11,76	28,00	29,39	17,60	-29,39	29,39	58,78	1,75E-03	68,40	-40,40	
	15	3,5	4,29	11,67	38,60	29,17	25,20	-29,17	29,17	58,34	2,44E-03	84,10	-45,40	
	15	4	3,75	11,57	51,40	28,91	34,70	-28,91	28,91	57,82	3,28E-03	101,40	-50,00	
	12	3	4	9,30	28,60	23,24	19,00	-23,24	23,24	46,48	2,27E-03	59,20	-30,60	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	28,50	24,27	18,70	-24,27	24,27	48,54	2,16E-03	60,70	-32,20	
	13	3	4,33	10,12	28,40	25,30	18,40	-25,30	25,30	50,60	2,07E-03	62,20	-33,80	
	13,5	3	4,5	10,53	28,20	26,32	18,20	-26,32	26,32	52,64	1,98E-03	63,70	-35,50	
	14	3	4,67	10,94	28,10	27,35	18,00	-27,35	27,35	54,70	1,90E-03	65,30	-37,10	
	14,5	3	4,83	11,35	28,00	28,37	17,80	-28,37	28,37	56,74	1,82E-03	66,80	-38,80	
	15	3	5	11,76	28,00	29,39	17,60	-29,39	29,39	58,78	1,75E-03	68,40	-40,40	
	15,5	3	5,17	12,17	27,90	30,41	17,40	-30,41	30,41	60,82	1,69E-03	70,00	-42,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro písčitou hlínu dle Aversinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F3	15	1	15	11,97	5,10	29,93	2,80	-29,93	29,93	59,86	3,75E-04	31,80	-26,80	změna r
	15	1,5	10	11,94	11,50	29,85	6,50	-29,85	29,85	59,70	7,09E-04	50,00	-38,50	
	15	2	7,5	11,89	20,60	29,73	12,10	-29,73	29,73	59,46	1,28E-03	69,90	-49,30	
	15	2,5	6	11,83	32,40	29,58	19,70	-29,58	29,58	59,16	2,02E-03	91,70	-59,30	
	15	3	5	11,76	47,30	29,39	29,80	-29,39	29,39	58,78	2,97E-03	115,70	-68,40	
	15	3,5	4,29	11,67	65,40	29,17	42,60	-29,17	29,17	58,34	4,13E-03	142,20	-76,80	
	15	4	3,75	11,57	86,90	28,91	58,70	-28,91	28,91	57,82	5,56E-03	171,50	-84,60	
	12	3	4	9,30	48,40	23,24	32,10	-23,24	23,24	46,48	3,85E-03	100,20	-51,70	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	48,20	24,27	31,60	-24,27	24,27	48,54	3,60E-03	102,70	-54,50	
	13	3	4,33	10,12	48,00	25,30	31,20	-25,30	25,30	50,60	3,50E-03	105,20	-57,20	
	13,5	3	4,5	10,53	47,80	26,32	30,80	-26,32	26,32	52,64	3,34E-03	107,80	-60,00	
	14	3	4,67	10,94	47,60	27,35	30,40	-27,35	27,35	54,70	3,22E-03	110,40	-62,80	
	14,5	3	4,83	11,35	47,50	28,37	30,10	-28,37	28,37	56,74	3,09E-03	113,10	-65,60	
	15	3	5	11,76	47,30	29,39	29,80	-29,39	29,39	58,78	2,97E-03	115,70	-68,40	
	15,5	3	5,17	12,17	47,20	30,41	29,50	-30,41	30,41	60,82	2,87E-03	118,40	-71,20	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro písčité jíl dle Aversinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F4	15	1	15	11,97	6,30	29,93	3,40	-29,93	29,93	59,86	3,86E-04	39,30	-33,00	změna r
	15	1,5	10	11,94	14,20	29,85	8,00	-29,85	29,85	59,70	8,75E-04	61,70	-47,50	
	15	2	7,5	11,89	25,40	29,73	14,90	-29,73	29,73	59,46	1,57E-03	86,20	-60,90	
	15	2,5	6	11,83	40,00	29,58	24,30	-29,58	29,58	59,16	2,50E-03	113,20	-73,10	
	15	3	5	11,76	58,40	29,39	36,70	-29,39	29,39	58,78	3,60E-03	142,80	-84,40	
	15	3,5	4,29	11,67	80,70	29,17	52,60	-29,17	29,17	58,34	5,10E-03	175,50	-94,80	
	15	4	3,75	11,57	107,30	28,91	72,40	-28,91	28,91	57,82	6,85E-03	211,70	-104,40	
	12	3	4	9,30	59,80	23,24	39,60	-23,24	23,24	46,48	4,74E-03	123,60	-63,80	změna H
	12,5	3	4,17	9,71	59,50	24,27	39,00	-24,27	24,27	48,54	4,52E-03	126,70	-67,20	
	13	3	4,33	10,12	59,20	25,30	38,50	-25,30	25,30	50,60	4,31E-03	129,90	-70,70	
	13,5	3	4,5	10,53	59,00	26,32	38,00	-26,32	26,32	52,64	4,13E-03	133,10	-74,10	
	14	3	4,67	10,94	58,80	27,35	37,50	-27,35	27,35	54,70	3,97E-03	136,30	-77,50	
	14,5	3	4,83	11,35	58,60	28,37	37,10	-28,37	28,37	56,74	3,80E-03	139,50	-81,00	
	15	3	5	11,76	58,40	29,39	36,70	-29,39	29,39	58,78	3,60E-03	142,80	-84,40	
	15,5	3	5,17	12,17	58,20	30,41	36,40	-30,41	30,41	60,82	3,47E-03	146,10	-87,90	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro hlinu s vysokou plasticitou dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F7	15	1	15	14,25	6,90	29,93	3,80	-29,93	29,93	59,86	4,25E-04	46,60	-39,70	změna r
	15	1,5	10	14,21	15,60	29,85	8,90	-29,85	29,85	59,70	9,64E-04	72,90	-57,30	
	15	2	7,5	14,16	27,90	29,73	16,40	-29,73	29,73	59,46	1,73E-03	101,60	-73,70	
	15	2,5	6	14,09	44,10	29,58	26,80	-29,58	29,58	59,16	2,72E-03	132,90	-88,80	
	15	3	5	14,00	64,30	29,39	40,50	-29,39	29,39	58,78	4,03E-03	167,20	-102,90	
	15	3,5	4,29	13,89	88,90	29,17	57,90	-29,17	29,17	58,34	5,62E-03	204,90	-116,00	
	15	4	3,75	13,77	118,20	28,91	79,80	-28,91	28,91	57,82	7,52E-03	246,40	-128,20	
	12	3	4	11,07	65,90	23,24	43,70	-23,24	23,24	46,48	5,24E-03	144,10	-78,20	změna H
	12,5	3	4,17	11,56	65,50	24,27	43,00	-24,27	24,27	48,54	4,98E-03	147,80	-82,30	
	13	3	4,33	12,05	65,20	25,30	42,40	-25,30	25,30	50,60	4,76E-03	151,60	-86,40	
	13,5	3	4,5	12,54	65,00	26,32	41,80	-26,32	26,32	52,64	4,55E-03	155,50	-90,50	
	14	3	4,67	13,02	64,70	27,35	41,30	-27,35	27,35	54,70	4,37E-03	159,40	-94,60	
	14,5	3	4,83	13,51	64,50	28,37	40,90	-28,37	28,37	56,74	4,20E-03	163,30	-98,80	
	15	3	5	14,00	64,30	29,39	40,50	-29,39	29,39	58,78	4,03E-03	167,20	-102,90	
	15,5	3	5,17	14,48	64,20	30,41	40,10	-30,41	30,41	60,82	3,89E-03	171,20	-107,10	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jíl s vysokou plasticitou dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
F8	15	1	15	14,25	7,60	29,93	4,20	-29,93	29,93	59,86	4,71E-04	53,20	-45,60	změna r
	15	1,5	10	14,21	17,30	29,85	9,80	-29,85	29,85	59,70	1,07E-03	83,20	-65,90	
	15	2	7,5	14,16	31,00	29,73	18,20	-29,73	29,73	59,46	1,92E-03	115,80	-84,90	
	15	2,5	6	14,09	48,90	29,58	29,70	-29,58	29,58	59,16	3,05E-03	151,40	-102,50	
	15	3	5	14,00	71,30	29,39	44,80	-29,39	29,39	58,78	4,46E-03	190,20	-118,90	
	15	3,5	4,29	13,89	98,50	29,17	64,10	-29,17	29,17	58,34	6,21E-03	232,70	-134,20	
	15	4	3,75	13,77	130,90	28,91	88,40	-28,91	28,91	57,82	8,33E-03	279,50	-148,60	
	12	3	4	11,07	73,00	23,24	48,40	-23,24	23,24	46,48	5,78E-03	163,50	-90,60	změna H
	12,5	3	4,17	11,56	72,60	24,27	47,60	-24,27	24,27	48,54	5,52E-03	167,90	-95,30	
	13	3	4,33	12,05	72,30	25,30	46,90	-25,30	25,30	50,60	5,26E-03	172,20	-100,00	
	13,5	3	4,5	12,54	72,00	26,32	46,30	-26,32	26,32	52,64	5,05E-03	176,70	-104,70	
	14	3	4,67	13,02	71,70	27,35	45,80	-27,35	27,35	54,70	4,83E-03	181,10	-109,40	
	14,5	3	4,83	13,51	71,50	28,37	45,30	-28,37	28,37	56,74	4,65E-03	185,60	-114,20	
	15	3	5	14,00	71,30	29,39	44,80	-29,39	29,39	58,78	4,46E-03	190,20	-118,90	
	15,5	3	5,17	14,48	71,10	30,41	44,40	-30,41	30,41	60,82	4,31E-03	194,70	-123,70	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro dobře zrněný štěrk dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
G1	15	1	15	8,55	0,10	29,93	0,10	-29,93	29,93	59,86	1,67E-05	0,70	-0,60	změna r
	15	1,5	10	8,53	0,30	29,85	0,20	-29,85	29,85	59,70	1,69E-05	1,20	-0,90	
	15	2	7,5	8,49	0,60	29,73	0,30	-29,73	29,73	59,46	3,33E-05	1,70	-1,10	
	15	2,5	6	8,45	0,90	29,58	0,60	-29,58	29,58	59,16	3,39E-05	2,20	-1,30	
	15	3	5	8,40	1,30	29,39	0,80	-29,39	29,39	58,78	5,08E-05	2,80	-1,50	
	15	3,5	4,29	8,33	1,80	29,17	1,20	-29,17	29,17	58,34	8,62E-05	3,50	-1,60	
	15	4	3,75	8,26	2,40	28,91	1,60	-28,91	28,91	57,82	1,05E-04	4,20	-1,80	
	12	3	4	6,64	1,40	23,24	0,90	-23,24	23,24	46,48	8,70E-05	2,40	-1,10	změna H
	12,5	3	4,17	6,93	1,40	24,27	0,90	-24,27	24,27	48,54	8,33E-05	2,50	-1,10	
	13	3	4,33	7,23	1,30	25,30	0,90	-25,30	25,30	50,60	7,84E-05	2,60	-1,20	
	13,5	3	4,5	7,52	1,30	26,32	0,90	-26,32	26,32	52,64	7,55E-05	2,60	-1,30	
	14	3	4,67	7,81	1,30	27,35	0,90	-27,35	27,35	54,70	5,56E-05	2,70	-1,30	
	14,5	3	4,83	8,11	1,30	28,37	0,80	-28,37	28,37	56,74	5,26E-05	2,70	-1,40	
	15	3	5	8,40	1,30	29,39	0,80	-29,39	29,39	58,78	5,08E-05	2,80	-1,50	
	15,5	3	5,17	8,69	1,30	30,41	0,80	-30,41	30,41	60,82	5,00E-05	2,90	-1,50	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jílovitý štěrk dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
G5	15	1	15	9,98	0,80	29,93	0,40	-29,93	29,93	59,86	1,00E-05	4,40	-3,70	změna r
	15	1,5	10	9,95	1,70	29,85	1,00	-29,85	29,85	59,70	1,25E-04	7,00	-5,30	
	15	2	7,5	9,91	3,10	29,73	1,80	-29,73	29,73	59,46	1,25E-04	9,80	-6,70	
	15	2,5	6	9,86	4,80	29,58	2,90	-29,58	29,58	59,16	2,50E-04	12,90	-8,10	
	15	3	5	9,8	7,10	29,39	4,40	-29,39	29,39	58,78	4,43E-04	16,30	-9,30	
	15	3,5	4,29	9,72	9,80	29,17	6,40	-29,17	29,17	58,34	6,17E-04	20,10	-10,40	
	15	4	3,75	9,64	13,00	28,91	8,80	-28,91	28,91	57,82	8,29E-04	24,40	-11,40	
	12	3	4	7,75	7,20	23,24	4,80	-23,24	23,24	46,48	5,74E-04	14,20	-7,00	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	7,20	24,27	4,70	-24,27	24,27	48,54	5,47E-04	14,50	-7,40	
	13	3	4,33	8,43	7,20	25,30	4,70	-25,30	25,30	50,60	5,22E-04	14,90	-7,70	
	13,5	3	4,5	8,77	7,10	26,32	4,60	-26,32	26,32	52,64	5,00E-04	15,30	-8,10	
	14	3	4,67	9,12	7,10	27,35	4,50	-27,35	27,35	54,70	4,79E-04	15,60	-8,50	
	14,5	3	4,83	9,46	7,10	28,37	4,50	-28,37	28,37	56,74	4,61E-04	16,00	-8,90	
	15	3	5	9,8	7,10	29,39	4,40	-29,39	29,39	58,78	4,43E-04	16,30	-9,30	
	15,5	3	5,17	10,14	7,00	30,41	4,40	-30,41	30,41	60,82	4,27E-04	16,70	-9,70	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro dobře zrněný písek dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
S1	15	1	15	9,98	0,90	29,93	0,50	-29,93	29,93	59,86	1,00E-05	5,10	-4,20	změna r
	15	1,5	10	9,95	2,00	29,85	1,10	-29,85	29,85	59,70	1,25E-04	8,10	-6,00	
	15	2	7,5	9,91	3,60	29,73	2,10	-29,73	29,73	59,46	2,50E-04	11,30	-7,70	
	15	2,5	6	9,86	5,70	29,58	3,50	-29,58	29,58	59,16	3,57E-04	14,90	-9,20	
	15	3	5	9,80	8,30	29,39	5,20	-29,39	29,39	58,78	5,24E-04	18,90	-10,60	
	15	3,5	4,29	9,72	11,50	29,17	7,50	-29,17	29,17	58,34	7,29E-04	23,30	-11,80	
	15	4	3,75	9,64	15,30	28,91	10,30	-28,91	28,91	57,82	9,78E-04	28,20	-12,90	
	12	3	4	7,75	8,50	23,24	5,70	-23,24	23,24	46,48	6,78E-04	16,50	-7,90	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	8,50	24,27	5,60	-24,27	24,27	48,54	6,46E-04	16,90	-8,40	
	13	3	4,33	8,43	8,50	25,30	5,50	-25,30	25,30	50,60	6,17E-04	17,30	-8,80	
	13,5	3	4,5	8,77	8,40	26,32	5,40	-26,32	26,32	52,64	5,91E-04	17,70	-9,20	
	14	3	4,67	9,12	8,40	27,35	5,40	-27,35	27,35	54,70	5,67E-04	18,10	-9,70	
	14,5	3	4,83	9,46	8,40	28,37	5,30	-28,37	28,37	56,74	5,44E-04	18,50	-10,10	
	15	3	5	9,80	8,30	29,39	5,20	-29,39	29,39	58,78	5,24E-04	18,90	-10,60	
	15,5	3	5,17	10,14	8,30	30,41	5,20	-30,41	30,41	60,82	5,05E-04	19,30	-11,00	

Tabulka výsledných hodnot výpočtu klasické teorie pro jílovitý písek dle Averšinovy křivky

Zemina [třída]	H [m]	r [m]	H/r [-]	L _{inf} [m]	S _{max} [mm]	L _{max} [m]	h _{max} [mm]	x ₁ [m]	x ₂ [m]	l [m]	sklon [-]	u _a [mm]	u _b [mm]	
S5	15	1	15	9,98	3,90	29,93	2,10	-29,93	29,93	59,86	2,50E-04	24,50	-20,60	změna r
	15	1,5	10	9,95	8,80	29,85	5,00	-29,85	29,85	59,70	5,46E-04	38,50	-29,70	
	15	2	7,5	9,91	15,80	29,73	9,30	-29,73	29,73	59,46	9,83E-04	53,90	-38,00	
	15	2,5	6	9,86	25,00	29,58	15,20	-29,58	29,58	59,16	1,56E-03	70,70	-45,70	
	15	3	5	9,80	36,50	29,39	22,90	-29,39	29,39	58,78	2,29E-03	89,20	-52,70	
	15	3,5	4,29	9,72	50,40	29,17	32,80	-29,17	29,17	58,34	3,18E-03	109,60	-59,20	
	15	4	3,75	9,64	67,00	28,91	45,20	-28,91	28,91	57,82	4,27E-03	132,20	-65,20	
	12	3	4	7,75	37,30	23,24	24,80	-23,24	23,24	46,48	2,97E-03	77,20	-39,90	změna H
	12,5	3	4,17	8,09	37,20	24,27	24,40	-24,27	24,27	48,54	2,82E-03	79,10	-42,00	
	13	3	4,33	8,43	37,00	25,30	24,00	-25,30	25,30	50,60	2,70E-03	81,10	-44,10	
	13,5	3	4,5	8,77	36,80	26,32	23,70	-26,32	26,32	52,64	2,58E-03	83,10	-46,30	
	14	3	4,67	9,12	36,70	27,35	23,40	-27,35	27,35	54,70	2,48E-03	85,10	-48,40	
	14,5	3	4,83	9,46	36,60	28,37	23,20	-28,37	28,37	56,74	2,38E-03	87,20	-50,60	
	15	3	5	9,80	36,50	29,39	22,90	-29,39	29,39	58,78	2,29E-03	89,20	-52,70	
	15,5	3	5,17	10,14	36,40	30,41	22,70	-30,41	30,41	60,82	2,21E-03	91,30	-54,90	